Tordeuse des bourgeons de l'épinette :

l'apprivoiser dans nos stratégies d'aménagement

Actes du colloque
tenu à Shawinigan les 27, 28 et 29 mars 2001

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Québec
Ministère des Ressources naturelles

SOPFIM
Société de protection des forêts contre les insectes et maladies

MAURICIE
CAPITALE FORESTIÈRE CANADIENNE EN 2001

Organisateurs du colloque :

- Ressources naturelles Canada - Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides (SCF-CFL)
- Ministère des Ressources naturelles (MRN)
- Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM)
- Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001 (MCFC 2001)

Des copies supplémentaires de ce document sont disponibles au :

Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du PEPS
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7
Téléphone : (418) 648-7927
Télécopieur : (418) 648-2529
Courriel : cbelzile@cfl.forestry.ca

Numéro de catalogue : Fo18-48/2001F
ISBN 0-662-86034-9

102-01563/

PRÉFACE

Le présent recueil renferme les documents produits dans le cadre du colloque «Tordeuse des bourgeons de l'épinette : l'apprivoiser dans nos stratégies d'aménagement » tenu à Shawinigan du 27 au 29 mars 2001. On y retrouve notamment les textes des conférences et les faits saillants des discussions tenues lors du panel. Les informations relatives à la séance d'affichage et à l'étude de cas, les allocutions des représentants des organisations ainsi que d'autres informations pertinentes sont présentées en annexe.

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Les textes présentés ci-après n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

REMERCIEMENTS

Le colloque « Tordeuse des bourgeons de l'épinette : l'apprivoiser dans nos stratégies d'aménagement » a été rendu possible grâce à la contribution de plusieurs personnes. Tout d'abord, soulignons le travail des conférenciers et leur célérité à fournir des textes qui ont pu ainsi être disponibles lors du colloque.

Nous aimerions également témoigner notre gratitude aux personnes qui ont contribué au panel, à la séance d'affichage, aux ateliers pour l'étude de cas et au soutien logistique.

Nos remerciements s'adressent aussi aux participants à ce colloque, qui provenaient de différentes régions du Québec.

Le comité organisateur du colloque

TABLE DES MATIÈRES

Préface iii
Avertissement au lecteur iv
Remerciements v
Contexte 1
Objectifs 1
Clientèles visées 1
Programme 2

Rétrospective

Les enseignements de la dernière épidémie de tordeuses des bourgeons de l'épinette
Bruno Boulet, ing.f., M.Sc. 3

État des connaissances

Le processus épidémique chez la tordeuse, et les stratégies de lutte actuelles et à venir
Jacques Régnière, Ph.D. 15

Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette
Éric Bauce, ing.f., Ph.D. 27

L'effet de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le rendement des forêts
Jean-Pierre Saucier, ing.f., D.Sc. 33

La lutte directe contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, un art et une science
Alain Dupont, ing.f., M.Sc. 41

Panel de discussion : « Comment améliorer nos stratégies d'intervention? » 49

Annexe 1 – Séance d'affichage 69
Annexe 2 – Les acteurs et leurs rôles 87
Annexe 3 – Étude de cas 91
Annexe 4 – Allocution de Philippe Grenier 101
Annexe 5 – Allocution de Normand Lafrenière 105
Annexe 6 – Allocution de Denis Jutras 109
Annexe 7 – Allocution de Marc Ledoux 113
Annexe 8 – Liste des participants 119
Annexe 9 – Membres du comité organisateur du colloque 127

CONTEXTE

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) a la réputation d'être l'insecte le plus dévastateur des forêts de résineux de l'Amérique du Nord. Elle est présente dans toutes les régions du Canada et, dans l'est, elle s'attaque principalement au sapin baumier, mais aussi aux épinettes blanche, rouge et noire.

Après le passage de la dernère épidémie de TBE, les données des inventaires forestiers décennaux ont indiqué une baisse de 22 % du volume de sapin baumier et d'épinette blanche dans les forêts publiques du Québec, soit environ 180 000 000 m^3. Cette baisse s'est produite en dépit du programme de pulvérisation mis en place pour minimiser les dommages. Elle tient compte de la mortalité causée par la TBE, des volumes de bois récoltés et de la croissance des arbres.

En 1994, le gouvernement du Québec adoptait une stratégie de protection des forêts ayant pour objectif de concilier production soutenue de matière ligneuse et protection du milieu forestier. Cette stratégie, toujours en vigueur, est fondée sur les connaissances scientifiques et l'expérience acquise lors des épidémies antérieures.

Par ailleurs, les connaissances scientifiques sur la TBE continuent de s'accumuler, de même que l'expertise liée à la planification de l'aménagement et aux diverses tactiques d'intervention pour atténuer les effets négatifs des épidémies.

Pour leur part, les gestionnaires et aménagistes forestiers doivent se préparer à faire face à une nouvelle épidémie, et ce, dans un contexte d'approvisionnement beaucoup plus serré que lors de la dernière et alors que les pressions sont de plus en plus fortes pour l'utilisation du milieu forestier à d'autres fins que la production de matière ligneuse.

OBJECTIFS

Organisé dans le cadre de Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001, ce colloque a pour objectifs de :

- Faire connaître les plus récents résultats des recherches scientifiques réalisées sur la TBE.
- Faire connaître les outils disponibles et leur cadre d'utilisation afin de pouvoir établir et appliquer des stratégies d'intervention visant à contrer les effets négatifs d'une épidémie de TBE.
- Favoriser une réflexion et un dialogue au sein de la communauté forestière visant l'intégration des connaissances dans les pratiques forestières, et ce, dans le respect des rôles respectifs des différents acteurs.

CLIENTÈLES VISÉES

Les gestionnaires, aménagistes et autres intervenants du milieu forestier concernés par la TBE, qu'ils oeuvrent au sein de territoires privés ou publics.

PROGRAMME

MARDI 27 MARS 2001

16 h 30 Accueil et inscription

18 h Ouverture du colloque
Jacques Pinard, ing.f., Direction régionale de la Mauricie et Centre-du-Québec, MRN

18 h 15 Allocutions :
- Philippe Grenier, ing.f., président, Association forestière de la Vallée du Saint-Maurice et représentant de MCFC 2001
- Normand Lafrenière, directeur général, SCF-CFL
- Denis Jutras, ing.f., président, SOPFIM

RÉTROSPECTIVE

19 h Souper-conférence : **« Les enseignements de la dernière épidémie de tordeuses des bourgeons de l'épinette »**
Bruno Boulet, ing.f., M.Sc., Direction de la conservation des forêts, MRN

MERCREDI 28 MARS 2001

ÉTAT DES CONNAISSANCES

8 h Introduction
Animateur : Denis Ouellet, ing.f., Ph.D., SCF-CFL

8 h 10 **« Le processus épidémique chez la tordeuse, et les stratégies de lutte actuelles et à venir »**
Jacques Régnière, Ph.D., SCF-CFL

8 h 50 **« Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette »**
Éric Bauce, ing.f., Ph.D., Université Laval

9 h 30 Pause et séance d'affichage

10 h 45 **« L'effet de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le rendement des forêts »**
Jean-Pierre Saucier, ing.f., D.Sc., Direction des inventaires forestiers, MRN

11 h 30 **« La lutte directe contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, un art et une science »**
Alain Dupont, ing.f., M.Sc., SOPFIM

12 h Dîner

PANEL DE DISCUSSION

13 h 30 **« Comment améliorer nos stratégies d'intervention? »**

Animateur : Louis Dorais, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MRN

Brunot Boulet, ing.f., M.Sc., Direction de la conservation des forêts, MRN
Michel Chabot, ing.f., Direction de la conservation des forêts, MRN
Robert Chénard, tech.for., SOPFIM
Lévis Côté, ing.f., Direction régionale du Bas-Saint-Laurent, MRN
Jean-François Desbiens, ing.f., Kruger inc., Scierie Parent
Denis Villeneuve, ing.f., Syndicat des producteurs de bois de la région de Québec

15 h 30 Pause et séance d'affichage

ÉTUDE DE CAS

16 h Discussion de l'étude de cas en ateliers

17 h Soirée libre

JEUDI 29 MARS 2001

8 h Reprise des travaux en ateliers

10 h Pause et séance d'affichage

10 h 30 Plénière
Animateur : Serge Pinard, ing.f., Direction des programmes forestiers, MRN

12 h Allocution de Marc Ledoux, ing.f., sous-ministre associé aux forêts, MRN

12 h 15 Fin du colloque

Rétrospective

Les enseignements de la dernière épidémie de tordeuses des bourgeons de l'épinette

Bruno Boulet, ing.f., M.Sc.

Direction de la conservation des forêts
Ministère des Ressources naturelles

Les enseignements de la dernière épidémie de tordeuses des bourgeons de l'épinette

Résumé

La tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clém.), est l'insecte le plus à craindre dans les forêts de sapins de l'est de l'Amérique du Nord. Les épidémies d'insectes et le feu ont depuis toujours façonné la mosaïque forestière, surtout dans les domaines de la sapinière à bouleau blanc et de la sapinière à bouleau jaune, quoique aujourd'hui les interventions de l'Homme laissent des traces de plus en plus marquées dans le paysage forestier québécois. L'histoire des épidémies récentes est riche d'enseignements, non seulement pour tout ce qui touche la structure et la composition des peuplements, mais aussi du point de vue de leurs répercussions sur la ressource forestière dont la demande ne cesse de croître. La tordeuse a modifié nos craintes face à une nouvelle épidémie et, par conséquent, notre approche pour en limiter les dommages.

Introduction

Au cours des deux dernières décennies, les enjeux forestiers se sont diversifiés, et les acteurs, plus nombreux, doivent dorénavant composer avec une réalité qui a radicalement changé notre façon de gérer les forêts vulnérables à la tordeuse. Les connaissances en épidémiologie se sont améliorées, et les méthodes de prévention, de détection, de suivi et de lutte se sont perfectionnées au rythme des changements biophysiques, socio-économiques et environnementaux qui ont mené, finalement, à l'élaboration de la *Stratégie de protection des forêts* fondée sur la sylviculture préventive.

La prochaine épidémie touchera des forêts profondément transformées comparativement à celles qui ont été ravagées au cours de la période de 1967 à 1992. L'épidémie, qui a débuté dans la région de l'Outaouais, en 1992, n'évolue pas au même rythme que la précédente. Les données recueillies au cours de la dernière décennie démontrent néanmoins que les populations s'accroissent inexorablement. Face à cette réalité, il faut donc revoir notre stratégie de protection dans un contexte de rendement accru des forêts et établir un cadre d'orientation pour gérer efficacement la prochaine épidémie de tordeuses.

Dans les pages qui suivent, nous tenterons de démystifier les chiffres, de faire ressortir les faits historiques les plus éloquents et de les interpréter sous un autre angle ou dans un contexte socio-économique différent de celui qui prévalait dans les années 70.

La protection des forêts au Québec : un survol

Pour tirer des leçons du passé, il faut d'abord faire une mise en garde à propos des informations historiques qui sont truffées non seulement de données scientifiques et de faits documentés, mais aussi d'anecdotes de sources inconnues, de relevés imprécis, de fausses perceptions, de concepts désuets, de mythes et de rumeurs. Soulignons qu'un mythe naît d'une rumeur qui, par définition, n'a jamais été vérifiée. Une hypothèse, admise provisoirement, devient vite une demi-vérité et, au fil du temps, un fait acquis et incontestable. Si l'on ne retient que l'essentiel, l'histoire de la protection des forêts reflète l'évolution des perceptions face aux épidémies (7).

Des structures se mettent en place

Dans les années 40 et 50, les instances gouvernementales, tant provinciales que fédérales, mettent en place les structures administratives pour faire face à des crises provoquées par une épidémie de diprions européens de l'épinette et, plus tard, de tordeuses des bourgeons de l'épinette. L'après-guerre a favorisé des innovations technologiques dans les domaines de l'aéronautique et de la chimie qui ont permis de perfectionner les techniques de pulvérisation d'insecticides. On ne se souciait guère des retombées sur l'environnement forestier, et le public n'était tout simplement pas informé de leurs usages.

Dès 1947, quelques entomologistes visionnaires amorçaient cependant des études à Green River (N.-B.) pour tenter de comprendre la dynamique des populations de la tordeuse, alors qu'au Québec on pensait déjà à établir un réseau de stations permanentes pour suivre les populations d'insectes forestiers (9). Faute de moyens à l'époque, ce réseau a été abandonné. Depuis 1987, près de 675 stations permanentes sont établies pour suivre la tordeuse à la trace au moyen de pièges à phéromone, et c'est à partir de 1993 qu'un sous-dispositif s'est ajouté pour mesurer les effets des agents de régulation naturelle de ses populations (5).

Les connaissances entomologiques s'élargissent

En ce qui a trait à l'usage des insecticides, les perceptions du monde forestier n'ont pas beaucoup changé au cours de la période de 1960 à 1980 : les épidémies sont encore vues comme une fatalité imprévisible qu'il faut enrayer à tout prix. En 1965, le DDT est définitivement banni et remplacé par une gamme de nouveaux produits moins nocifs pour l'environnement : le *fénitrothion*, le *phosphamidon* et l'*aminocarbe*. Au plus fort de l'épidémie, en 1973, les entomologistes prennent conscience que les insecticides ne sont pas la panacée et qu'il faut revoir notre approche face à leur utilisation. Le premier essai d'intervention hâtive pour enrayer les foyers d'infestations dans la région du lac Témiscouata s'avère un échec, faute de moyens efficaces pour mesurer les populations qui étaient déjà épidémiques en 1974.

En 1978, on met en place un programme de surveillance pour mesurer les effets des insecticides sur l'environnement. Les essais expérimentaux au moyen du *B.t.k.* s'avèrent tellement encourageants que, dès 1986, un premier programme opérationnel est mis sur pied pour contrôler les populations de tordeuses qui ne dépassent pas 25 larves par branche (8). À cette époque, on comptait encore sur les insecticides chimiques pour réduire les dommages dans les peuplements où les populations étaient encore plus élevées.

Le cadre légal se renforce

C'est à partir de 1986, avec l'adoption de la *Loi sur les forêts*, que s'amorce véritablement la lutte préventive. En ce qui concerne les pulvérisations, les préoccupations du public sont si fortes que le gouvernement du Québec adopte une *Politique d'utilisation des pesticides en milieu forestier*, en 1989, essentiellement pour encadrer le volet environnemental et réduire la dépendance aux pesticides.

Au début des années 90, des études sont entreprises pour mieux comprendre les relations hôte-insecte et documenter les fondements de la sylviculture préventive (1 et 10). Finalement, l'État québécois, de concert avec le public et l'industrie forestière, élabore une *Stratégie de protection des forêts* ; cette stratégie fait appel à des tactiques sylvicoles préventives pour gérer les forêts et relègue au second plan les pulvérisations d'insecticides qui ne sont désormais utilisées qu'en cas de crise.

Les forestiers ont pris conscience que les épidémies de tordeuses sont une composante intrinsèque de l'écosystème dont on peut limiter en partie les effets grâce à une saine gestion des stocks de sapins parvenus à maturité.

Les forêts modelées par les épidémies

Une conjoncture forestière qui n'est pas le fruit du hasard

Avant le passage de la dernière épidémie, le paysage forestier présentait de grands massifs de sapins parvenus à maturité. Une telle conjoncture favorable aux épidémies est en fait le résultat de plusieurs facteurs qui ont contribué à « l'ensapinage » des forêts du Québec, depuis la fin du XIX^{e} siècle. L'industrie des pâtes et papiers, qui a connu un essor considérable à partir des années 30, a certes contribué à écouler une partie des peuplements de sapins les plus accessibles dans la zone tempérée, mais elle n'a pu freiner ce phénomène dans la zone boréale. Les pessières noires coupées à blanc ont été remplacées par les sapins, dont la croissance juvénile est meilleure que celle des épinettes. Les coupes d'hiver, qu'on effectuait dans les peuplements dominés par les pins blancs, ont aussi créé des conditions propices à la régénération des sapins au détriment des semis de pins qui, rappelons-le, ne peuvent s'établir convenablement sans un bon scarifiage du sol et qui meurent prématurément, victimes de la rouille vésiculeuse du pin blanc[1].

La lutte contre les feux de forêt a aussi contribué à la protection des forêts, dont les sapinières matures, surtout à partir des années 40. À cette époque, on a pris en effet un tournant décisif pour sensibiliser le public et l'industrie à la prévention et pour former adéquatement les inspecteurs, les garde-feux et les ouvriers combattants. Les pinèdes, qui, au contraire, comptent sur le feu pour se régénérer, occupent aujourd'hui des superficies beaucoup plus restreintes.

Les épidémies de tenthrèdes du mélèze, *Pristiphora erichsonii* (Htg), ont par ailleurs décimé leur hôte, le mélèze laricin, qui poussait jadis sur les platières sèches en mélange avec le bouleau, l'épinette et le sapin. La disparition du mélèze sur les sites les plus productifs a donc stimulé la régénération du sapin dans toutes les

1. *Cronartium ribicola* J.C. Fisch. est une maladie introduite par accident au Canada, au début du siècle dernier.

régions du Québec. Dans l'est, plus particulièrement, l'épidémie de diprions européens de l'épinette, *Neodiprion hercyniae* (Htg), a eu un effet similaire en détruisant les épinettes blanches qui formaient, avec les sapins, de grands massifs résineux à la fin des années 30.

Dans les années 50, les bouleaux ont dépéri dans toutes les régions où ils formaient des bétulaies et des peuplements en mélange avec les sapins; ce phénomène a stimulé la régénération des sapins dans les premières et accéléré la succession vers des sapinières pures dans les seconds. Soulignons, enfin, que les pulvérisations d'insecticides chimiques ont contribué à protéger certains grands massifs de sapins qui ont survécus aux invasions de tordeuses dans les années 50, pour être finalement détruits ou récupérés lors la dernière épidémie, soit dans les années 70 et 80.

Des pertes moindres que celles prévues...

L'impact de la dernière épidémie a été considérable, mais les compilations réalisées ont contribué à exagérer les pertes de bois. À l'époque, **de nombreux peuplements mélangés ou dominés par les feuillus renfermaient des volumes de sapin qu'on n'avait pas l'habitude de récolter, tout simplement parce qu'ils n'étaient pas rentables. Après l'épidémie, ces volumes de sapins en perdition étaient encore moins prisés par l'industrie et ils ne devraient donc pas figurer comme une perte économique.** La figure 1 démontre néanmoins que l'écart entre les volumes de sapin compilés à partir des données forestières du 1er et du 2e programme d'inventaire du MRN se chiffre à près de 180 Mm^3, incluant les peuplements en perdition, et non pas à 238 Mm^3, une prévision qui avait été faite en 1983, neuf ans avant la fin de l'épidémie (13)! La réduction du volume de sapin a d'ailleurs été en partie compensée par une augmentation des volumes de feuillus (F) et de résineux (Ar), tels que les pins et les thuyas. Les volumes en épinette blanche (Epb) et en épinette noire (Epn), estimés lors du 1er et du 2e inventaire, sont, par contre, du même ordre de grandeur (figure 1).

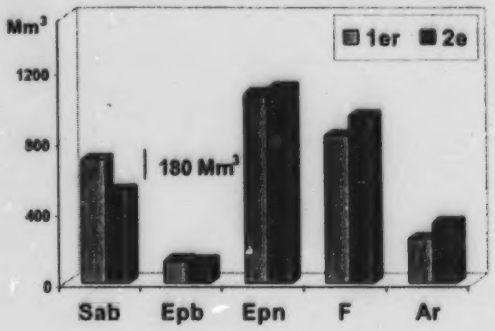


Figure 1. Volumes de bois par essence ou groupe d'essences avant et après l'épidémie de tordeuses. Source : Direction des inventaires forestiers – 1er et 2e programme d'inventaire du MRN.

La reconnaissance aérienne des dommages de tordeuses a aussi contribué à surestimer la mortalité des sapins et des épinettes blanches. Les aires de mortalité ainsi délimitées renfermaient, on l'a dit, de nombreux peuplements dominés surtout par les feuillus et les résineux non vulnérables. Elles totalisaient, en 1992, près de 14,2 Mha, dont seulement 4,1 Mha renfermaient, en sapin et en épinette blanche, 25 % ou plus de la surface terrière des peuplements. Ces peuplements se sont d'ailleurs vu attribuer une cote d'épidémie légère « *el* » ou sévère « *es* » sur les cartes forestières du ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN). Si l'on y soustrait les peuplements qui sont encore productifs après l'épidémie, c'est-à-dire ceux de densité B et C, il ne reste plus alors que 1,4 Mha de sapinières gravement perturbées dont près de 43 % auraient été récupérés, de 1975 à 1995 (figure 2).

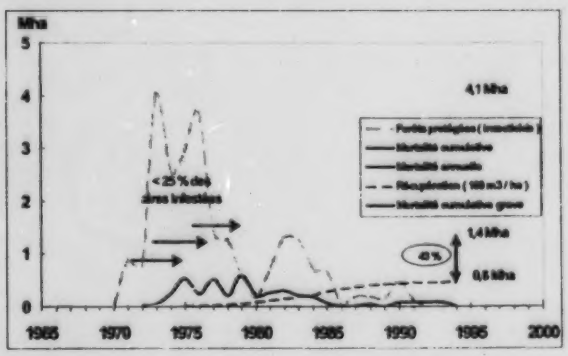


Figure 2. Superficies traitées annuellement au moyen d'insecticides, aires de mortalité annuelle et cumulative en sapin et aires cumulatives de récolte des bois en perdition, de 1970 à 1995. Source : 2e programme d'inventaire forestier ; Ressources et statistiques forestières du MRN, de 1984 à 2000.

Récupérer les bois morts, un défi de taille

Les programmes de récupération dans les forêts gravement endommagées ont accusé un certain retard, surtout dans l'ouest et le centre de la province, en raison des quantités considérables de bois morts qui se sont ajoutées par vagues successives, de 1972 à 1985 (figure 2). Dans l'est, par contre, les zones de mortalité en sapin se sont agrandies plus lentement de sorte qu'on a pu étaler les travaux de récupération des bois en perdition sur une plus longue période, si bien que, depuis 1985, ils ont été récoltés presque en totalité.

La dernière épidémie a modifié considérablement la répartition des sapins qui poussent en peuplements épars ou en mélange avec les feuillus intolérants et les autres résineux. À l'aube d'une nouvelle épidémie, les plans de récupération, qui seront inévitablement mis en place, représenteront un véritable défi pour rentabiliser la récolte des bois en perdition dans les sapinières disséminées sur le territoire. De plus, ils nécessiteront la concertation des différents utilisateurs de la forêt non seulement pour récupérer les bois dans les zones fragiles, mais aussi pour trouver les débouchés pour la matière ligneuse générée par la coupe des essences compagnes et non vulnérables qui poussent en mélange avec le sapin.

Feux, épidémies et coupes forestières

Les épidémies de tordeuses ont façonné en partie les forêts résineuses du Québec, mais, **d'hier à aujourd'hui, les perturbations causées par les activités humaines remplacent progressivement les perturbations naturelles causées par le feu et les insectes**. Si on fait le bilan de la dernière épidémie de tordeuses en relation avec les autres perturbations qui régénèrent les forêts, on voit bien à la figure 3 qu'à une échelle provinciale les coupes forestières ont, bon an mal an, plus de prise sur la forêt résineuse que les perturbations naturelles qui sont davantage épisodiques. Les superficies ravagées par les feux sont généralement bien inférieures à celles qui sont coupées annuellement, sauf en 1991 par exemple, où elles équivalaient à environ deux années de coupe. Les superficies des peuplements gravement perturbés[2], qui se sont ajoutées annuellement pendant la dernière épidémie, ont égalé les superficies coupées pendant seulement trois ans, au cours de la période de 1972 à 1985 (figure 3). Bien ancré dans l'esprit des forestiers et des entomologistes depuis près de vingt ans, le vieil adage « *dix années de coupe perdues lors de l'épidémie* » reçoit donc une confirmation dont la portée est davantage régionale. Quoi qu'il en soit, les tordeuses ont eu bon dos dans le passé, car il n'était pas concevable que les forestiers soient tenus de répondre des pertes de bois attribuables à une épidémie.

Fort heureusement, nous savons aujourd'hui qu'une **meilleure planification des coupes dans les peuplements vulnérables contribuera à réduire substantiellement les pertes de bois lors de la prochaine épidémie**. La gestion des stocks de sapins à maturité est en effet plus critique dans les régions où la tordeuse a détruit le plus de bois et pour lesquelles la pression de récolte est la plus forte.

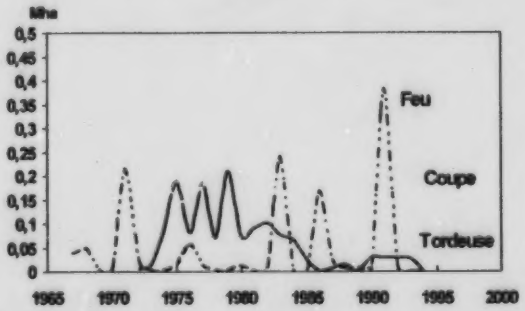


Figure 3. Superficies forestières gravement perturbées annuellement par les feux, les coupes et les épidémies de tordeuses, de 1967 à 1995.

L'évolution des pratiques d'aménagement

Le découpage du territoire à des fins d'aménagement forestier a changé au rythme des régimes qui se sont succédé depuis 50 ans pour gérer l'exploitation et la mise en valeur des forêts du domaine public. Sous le régime des concessions forestières qui a prévalu dans les années 50, 60 et 70, le gouvernement du Québec accordait aux concessionnaires de vastes territoires en partie inaccessibles. On n'y coupait que les forêts matures, et, souvent, pour la première fois. À partir de 1975, le ministre des Terres et Forêts a amorcé la révocation des concessions en créant du même coup les unités de gestion pour être de nouveau le seul gestionnaire des forêts du domaine public. Les réserves forestières étaient nombreuses, et la récolte de bois était bien en deçà de la possibilité forestière, à tout le moins,

2. Peuplements résineux dominés par les sapins dont l'occupation spatiale du houppier des arbres résiduels était inférieure à 40 % et qui totalisaient, à la fin de l'épidémie, 1,4 Mha, soit 35 % de l'aire provinciale où on a recensé une mortalité significative des sapins.

avant la dernière épidémie (figure 4). De plus, la tordeuse n'était pas encore perçue comme un concurrent féroce de l'industrie. Dans un territoire donné, le bois détruit pendant l'épidémie était en partie récolté, moyennant une réduction des droits de coupe, ou substitué par du bois non alloué. Dans l'ensemble du territoire public, la récolte se rapprochait alors de la possibilité (figure 4), bien que dans certaines régions on ait dû récolter des volumes de résineux en perdition qui dépassaient ce que la forêt pouvait produire. Il a d'ailleurs fallu attendre 10 ans et faire davantage de travaux d'aménagement pour atteindre de nouveau la possibilité forestière qu'on estimait à près de 31 Mm^3 de bois avant l'épidémie (figure 4).

La forêt publique connaît aujourd'hui une intensification des travaux d'aménagement et de récolte non seulement pour combler les demandes accrues de bois, mais aussi pour tirer partie des multiples usages de la forêt et ainsi accroître les retombées socio-économiques (figure 4). Dans le cadre du régime forestier en vigueur, qui est d'ailleurs en voie d'être modifié, l'industrie réalise de nouveau la planification forestière fondée sur le principe du rendement soutenu, et, pour sa part, le MRN conserve sa responsabilité en matière de suivi et de contrôle des interventions. Une allocation optimale des bois par aire commune fait en sorte que chaque parcelle Z_i est résolument assujettie à un rendement optimal de X_k m^3 / ha, prévu au temps T_j. Comme il n'y a presque plus de réserves forestières, maintenir le rendement des forêts signifie que la marge de manœuvre pour s'approvisionner en bois est réduite en cas d'épidémie grave.

L'un des objectifs du projet de loi n° 136 du régime forestier actuellement en révision est d'accroître le rendement forestier, à moyen et long termes, sur une certaine partie du territoire forestier public au moyen d'éclaircies, de regarnis et de plantations d'essences à croissance rapide. Pour y arriver, il faut prévoir une protection accrue au moyen de pulvérisations d'insecticides non seulement dans les forêts matures incluses dans les zones de conservation, mais aussi dans les forêts en croissance dans les zones d'aménagement intensif ; de plus, il faudra mettre en place un programme efficace de récupération des bois en perdition, le cas échéant. On devra peut-être se résoudre, dans certains cas, à maintenir le rendement des forêts plutôt qu'à l'augmenter. En somme, est-il possible de concilier l'intensification de l'aménagement forestier avec une réduction de la dépendance aux pulvérisations d'insecticide biologique? La réponse est complexe, mais, quoi qu'il en soit, **il faut promouvoir plus que jamais l'approche de la sylviculture préventive, car ce que nous négligeons de faire aujourd'hui oblige à en payer le prix plus tard...**

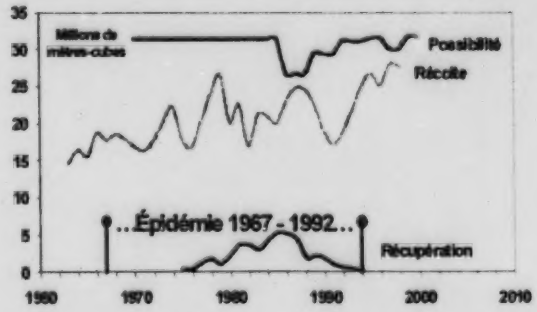


Figure 4 . Volumes de bois récupérés lors de la dernière épidémie de tordeuses, possibilité forestière et récolte totale de résineux sur les terres du domaine public. Source : Ressources et statistiques forestières du MRN, de 1984 à 2000, et autres données d'archives.

Les préoccupations sociales, économiques et environnementales

Au cours des années 60, on l'a vu, l'industrie chimique a développé des alternatives de lutte pour remplacer le DDT. Aujourd'hui, force nous est de constater qu'il n'existe aucun produit biologique homologué au Québec pour concurrencer le *B.t.k.* Rappelons cependant que des recherches sont pourtant menées dans les provinces voisines pour mettre au point des produits sécuritaires et très efficaces qui pourraient servir de complément à l'usage du *B.t.k.*

L'un des fondements du projet de loi n° 136 est « *d'accroître la participation de la population, des collectivités et des institutions locales et régionales de gestion et de protection des forêts* ». Dans ce contexte, la mise en œuvre d'un programme de pulvérisation d'insecticide biologique fait face à de nouveaux défis : de nombreux acteurs en jeu, des sapinières vulnérables plus morcelées, une technologie de pointe à apprivoiser, des infrastructures à mettre en place et une main-d'œuvre spécialisée à former. Bref, un programme de lutte directe est certainement beaucoup plus complexe à réaliser aujourd'hui que dans les années 70.

Par ailleurs, les préoccupations du public pour tout ce qui touche le volet environnemental nécessiteront des coûts additionnels pour protéger les forêts face à une nouvelle épidémie. Par exemple, la sauvegarde des écosystèmes exceptionnels, des zones de conservation intégrales et des zones tampons ainsi que des forêts

morcelées en mosaïque pose des problèmes opérationnels pour leur protection à l'aide de pulvérisations d'insecticides. Par ailleurs, le public se méfie des insecticides, ce qui oblige les promoteurs (SOPFIM) à faire preuve de transparence, à respecter les règles de l'art et à communiquer leurs résultats, ce qu'ils font d'ailleurs avec brio. **Dorénavant, toutes les actions posées devront être écologiquement crédibles, socialement acceptables et économiquement réalisables.**

Les préoccupations économiques soulevées par l'industrie ont aussi des répercussions. Les craintes que suscite la prochaine épidémie interpellent le MRN non seulement pour divulguer ses prévisions des dommages à court terme, ce qui est normal, mais aussi tout ce qui concerne l'évolution des populations de tordeuses à long terme de même que les effets socio-économiques qui en découlent. Pour approvisionner leurs usines à un coût minimal raisonnable, les industriels devront récolter en priorité les stocks de bois vulnérables les plus épars que la SOPFIM ne pourra protéger adéquatement au moyen d'insecticides. Pour y arriver, il faudra améliorer le réseau de chemins forestiers, planifier avec leurs partenaires des coupes intégrées et étaler, voire retarder le plus possible, la récolte dans les peuplements parvenus à maturité, mais résistants à la tordeuse. Les pessières qui ont dépassé la maturité accusent en effet une décroissance beaucoup plus lente que les sapinières surannées.

Pour maintenir ou augmenter son rendement, l'industrie devra aussi consentir des sommes importantes en aménagement et concentrer ses interventions dans les secteurs dévolus à ces fins pour être en mesure de les protéger efficacement, le cas échéant. Dans un souci de transparence auprès de sa clientèle, elle devra enfin développer des indicateurs de saines pratiques forestières qui démontrent son engagement à réduire la vulnérabilité des forêts et la dépendance aux pulvérisations d'insecticides.

L'évolution des épidémies : les théories

La dynamique des populations de tordeuses est régie par des lois naturelles qui ne peuvent être ignorées dans le cadre d'un aménagement intégré des ressources. **Depuis longtemps, les spécialistes ont échafaudé des théories pour comprendre la nature des changements et tenter de les expliquer** (12). Pour ce faire, ils se sont servis de diverses sources de données dont chacune a ses forces et ses faiblesses. Grâce aux données dendrochronologiques, on a pu démontrer la périodicité des six épidémies qui se sont succédé depuis 1750 ; ce type de données a aussi contribué à retracer les invasions dans les forêts de la zone boréale. Par contre, elles ne permettaient pas de retracer les invasions de faible intensité ni d'en estimer la durée de façon précise.

Les inventaires réalisés pour circonscrire les aires de défoliation annuelle et de mortalité du sapin constituent la principale source d'information depuis les années 50. Ils ont d'abord servi à diriger les inventaires de prévision annuelle et les travaux de récupération des bois en perdition. Ces données ont été utilisées de nouveau pour construire des cartes de risque et de vulnérabilité des peuplements (4 et 7) et, plus récemment, pour déterminer précisément la durée, l'ampleur et l'étalement des différents patrons régionaux d'épidémie au Québec (11). Comme on l'a déjà souligné, ces données ont malheureusement exagéré l'ampleur des dommages, car les défoliations légères étaient difficiles à interpréter. Elles donnent toujours l'illusion que les populations augmentent spontanément et qu'elles progressent en migrant sur de longues distances (figure 5) ; elles ont longtemps supporté les théories du double équilibre (une phase endémique suivie d'une longue phase épidémique issue d'un déclenchement) et des épicentres pour expliquer leur mode de propagation.

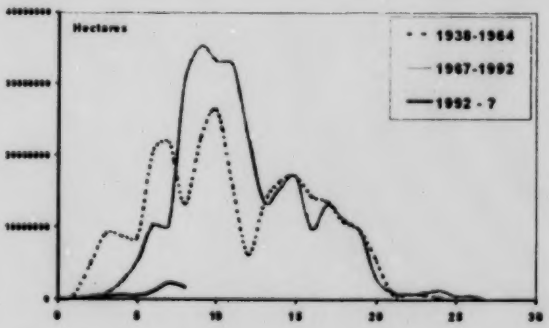


Figure 5 . Superficies forestières touchées annuellement par les épidémies de tordeuses, de 1938 à 2000.

Les données scientifiques sont recueillies pour mesurer les performances des insectes, leur fécondité, les causes de mortalité, bref, pour expliquer les mécanismes qui sont à l'origine des changements de populations. Ces données ont permis, d'une part, de mieux comprendre comment se propagent les épidémies et, d'autre part, de promouvoir les meilleures tactiques de lutte préventive qui sont d'ailleurs retenues

dans la *Stratégie de protection des forêts*. Ces informations sont cependant coûteuses à acquérir, forcément ponctuelles, et les résultats ne sont intéressants qu'après plusieurs années de recherche.

Pour leur part, les données d'inventaire des populations (larves en hibernation et papillons) sont recueillies dans de nombreux sites permanents répartis dans toutes les régions du Québec ; elles permettent de suivre leur progression à l'échelle de vastes territoires, de détecter les foyers, qui sont des signes avant-coureurs d'une recrudescence régionale, de dégager les tendances et, enfin, de prévoir la progression des invasions à long terme. Les prévisions reposent sur des données entomologiques sommaires (p. ex. : nombre de larves par branche de 75 cm ou nombre de papillons par piège) qui ne permettent toutefois pas d'expliquer les changements observés. Le système de détection et de suivi des populations de tordeuses est particulièrement utile pour corroborer les théories ébauchées à partir de données de recherche.

En somme, les théories qui ont été ébauchées pour comprendre les épidémies ont évolué avec le temps, au fur et à mesure que de nouvelles données entomologiques se sont ajoutées à ce que nous connaissions déjà. Elles reflètent des perceptions qui, elles aussi, ont évolué et qui diffèrent selon l'échelle d'observation utilisée ; soulignons que les entomologistes et les gestionnaires de la forêt perçoivent les épidémies d'un angle différent, mais, heureusement, le clivage entre ces deux mondes s'estompe progressivement, au fur et à mesure que les connaissances s'élargissent et que les concepts sont divulgués, assimilés dans les plans d'aménagement et mis en pratique sur le terrain.

Les systèmes de détection et de suivi

Le système québécois de détection et de suivi des populations de tordeuses est unique en Amérique du Nord (4 et 5). Il repose sur un réseau de stations permanentes soigneusement sélectionnées dans les peuplements susceptibles de fournir le plus d'informations possible pour détecter hâtivement la recrudescence des populations et suivre l'évolution des épidémies (3 et 6). Plus concrètement, ce système compte de multiples sous-réseaux hiérarchisés. On y mesure la santé des populations de tordeuses dans 14 sites ; on y détecte hâtivement les populations à l'aide de pièges à phéromone placés dans la cime des arbres (82 sites) et on suit leur évolution à long terme à l'aide de ces mêmes pièges que l'on dispose sous le couvert forestier. Le double échantillonnage des larves en hibernation (L-2) et des papillons capturés sous le couvert forestier (Pap) est actuellement réalisé dans près de 200 sites et pourrait, par étapes successives, s'étendre à près de 675 stations, au fur et à mesure que l'épidémie envahira de plus vastes territoires. Le réseau est conçu pour mesurer à la fois les populations endémiques (Pap/piège) et épidémiques (L-2/branche) afin de construire localement des séries temporelles qui serviront à dégager les patrons régionaux que l'on pourra ensuite modéliser pour prédire l'évolution à long terme des épidémies. **Ces informations sont particulièrement utiles pour planifier à long terme les interventions de lutte directe, orienter les interventions de lutte préventive dans le cadre du renouvellement des plans généraux d'aménagement forestier (PGAF) et, enfin, estimer les délais dont nous disposons avant que les dommages causés aux sapins ne réduisent le rendement des forêts.**

La prochaine épidémie : une étude prospective

Les pratiques forestières ont modifié la composition des peuplements forestiers et, par ricochet, l'ampleur globale des infestations (2). Cette constatation faite dans les années 80, est encore vraie aujourd'hui, mais dans le sens inverse ; en d'autres termes, l'effet combiné de la dernière épidémie et de l'intensification des coupes dans les strates mûres fait en sorte que la prochaine épidémie aura moins de prise sur la forêt, qui est à la fois plus jeune et plus morcelée. La récolte croissante des forêts matures change progressivement les règles du jeu (voir figure 4). Comme le contexte forestier est aujourd'hui fort différent de celui des années 70, les épidémies passées ne sont donc pas un indice fiable pour prévoir l'avenir (voir figure 5). **Pour prévoir les épidémies, il faut dorénavant mesurer en continu les taux de changement des populations à l'intérieur d'un réseau de placettes permanentes.**

L'analyse rétrospective des données entomologiques que le personnel du Ministère a recueillies au cours de la dernière décennie a démontré que la recrudescence des populations de tordeuses ne se fait pas au même rythme que lors de l'épidémie précédente. Les premiers dommages significatifs sont apparus en Outaouais, en 1992, alors que dans l'est on assistait à un déclin rapide de l'épidémie précédente. Après huit ans d'épidémie grave, les populations montrent des signes de

fléchissement dans plusieurs peuplements situés dans la vallée de la rivière Gatineau (figure 6).

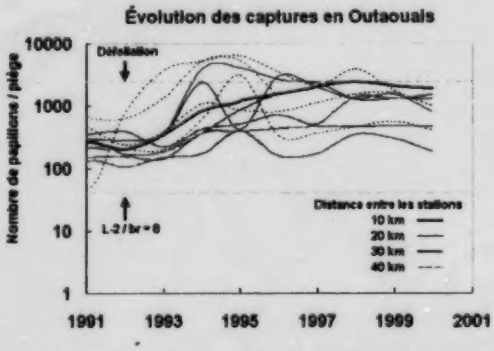


Figure 6. Évolution des captures de papillons standardisées dans 11 sites situés à 40 km ou moins de la municipalité de Aylmer, dans la région de l'Outaouais.

Dans le secteur du Parc national de la Mauricie, les populations sont aussi épidémiques et elles s'accroissent inexorablement dans plusieurs sites distribués dans un rayon de 40 km autour du lac Bouchard (figure 7).

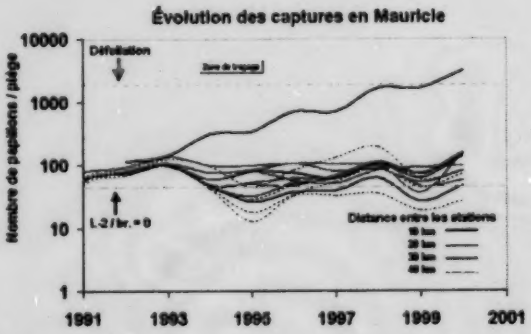


Figure 7. Évolution des captures de papillons normalisées dans 12 sites situés dans le Parc national de la Mauricie et les localités environnantes.

Vers le nord-est, elles sont stables ou à la baisse. Les populations sont encore en déclin non seulement dans le secteur du lac Témiscouata (figure 8), mais aussi dans toutes les régions situées plus à l'est. En ce moment, rien n'indique qu'elles pulluleront au cours des dix prochaines années dans les régions de la Côte-Nord, du Bas-St-Laurent et de la Gaspésie. En effet, on peut à peine détecter les larves en hibernation par l'échantillonnage de branches dans la plupart des peuplements que le MRN surveille dans ces régions depuis plus de dix ans.

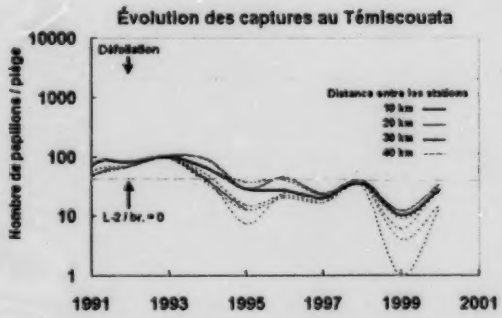


Figure 8. Évolution des captures de papillons standardisées dans 7 sites situés aux environs du lac Témiscouata, dans la région du Bas-Saint-Laurent.

En somme, les données dont nous disposons permettent **de faire des prévisions qui sont rassurantes pour tous les gestionnaires préoccupés par les effets d'une épidémie sur leurs approvisionnements en bois au cours des prochaines années et par ses répercussions sur les programmes d'aménagement et de création d'emplois dans le secteur forestier :**

- L'épidémie, qui a débuté en Outaouais, en 1992, ne progresse pas au rythme qu'on appréhendait :
  - Ouest : l'épidémie qui fait rage dans la vallée de la rivière Gatineau n'a progressé que de 35 km vers le nord-ouest au cours des huit dernières années.
  - Centre : la défoliation perceptible par la voie des airs sera probablement contenue dans un rayon de 50 km ou moins autour du lac Bouchard, dans le Parc national de la Mauricie, au cours des cinq prochaines années.
  - Est : le déclin des populations se poursuit inexorablement dans les régions de la Côte-Nord, du Bas-St-Laurent et de la Gaspésie.
- Un vaste programme de pulvérisation d'insecticide biologique ne sera pas requis avant 2005.
- On ne prévoit pas d'infestation généralisée avant 2010.

Recommandations

À la lumière des informations dont nous disposons, nous formulons les recommandations suivantes :

- Les forestiers devront mettre l'emphase sur les actions sylvicoles préventives dans les régions où les populations sont stables ou à la baisse.
- Les gestionnaires forestiers disposent de quelques années de répit (de 5 à 10 ans) pour réorienter leur programme de prérécupération dans les peuplements parvenus à maturité et les plus vulnérables, surtout dans les régions de l'ouest et du centre, où les populations sont en recrudescence.
- La tordeuse ne doit pas servir de prétexte pour liquider les sapinières avant que les arbres soient parvenus à leur maturité, surtout dans les régions de l'est ; il faudrait plutôt viser une normalisation de la structure d'âges des futures sapinières.
- Développer les infrastructures (flotte d'avions, aires d'atterrissage, laboratoires d'entomologie, etc.) s'avère indispensable à la lutte directe, surtout dans les régions du centre et de l'ouest où l'épidémie soulève le plus d'inquiétudes à moyen terme.
- Entretenir les chemins existants permettra de récupérer en priorité les peuplements de sapins trop épars dans les secteurs où l'épidémie est imminente et qui ne pourront être protégés au moyen de pulvérisations d'insecticides.
- Parfaire le réseau de chemins forestiers, surtout dans les régions de l'est, où les sapins à maturité forment de grands massifs de forêt continue.
- Assurer la relève et la formation du personnel spécialisé et consigner l'expérience acquise lors de la dernière épidémie.
- Mettre en place un cadre d'intervention pour gérer efficacement la prochaine épidémie.

Remerciements. L'auteur tient à exprimer sa reconnaissance à M. Daniel Chamberland au chapitre de l'analyse statistique des données, à MM. Michel Chabot et Michel Auger pour leurs commentaires judicieux, de même qu'à Mmes Sylvie Jean et Diane Côté et MM. Émile Aubin et Yves Dumont pour leur aide technique.

Références

(1) BAUCE, É. 1996. One and two years impact of commercial thinning on spruce budworm feeding ecology and host tree foliage production and chemistry. For. Chronicle, 72(4) : 393-398.

(2) BLAIS, J. R. 1983. Trends in the frequency, extent and severity of spruce budworm outbreak in eastern Canada. Can. J. For. Res., 13 :539-547.

(3) BOULET, B. 1992. Surveillance des populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette - Rétrospective 1986-1992. Pp. A1-A4. In Gouv. du Québec (éd.). Insectes et maladies des arbres - Québec 1992. Min. Forêts Québec et RNCan, Sainte-Foy, Québec.

(4) BOULET, B. 1993. Le réseau de stations permanentes d'observation : un pas important vers une surveillance globale des ravageurs forestiers. Pp. 561-576. In Gouv. du Québec (éd.). Comptes rendus du colloque « La recherche sur le dépérissement : un premier pas vers le monitoring des forêts ». Deuxième partie. Pour une meilleure connaissance de ce qui se passe dans l'écosystème forestier (23-26 mars 1992). Dir. rech. for. et Conseil rech. for., Québec. 662 p.

(5) BOULET, B. 1995. Pour suivre la tordeuse à la trace. L'Aubelle, 109 : 10-12.

(6) BOULET, B. 1996. Le suivi à long terme des populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette, Choristoneura fumiferana (Clem.), au moyen de pièges à phéromone. Pp. 49-58. In Res. nat. Québec (ed). Compte rendu du Séminaire sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette : En savons-nous assez pour lutter efficacement contre la tordeuse? (12-13 avril 1995). Dir. rech. for. et Dir. conservation des forêts, min. Res. nat. Québec, Sainte-Foy. 237 p.

(7) DORAIS, L., Boulet, B., Chabot, M., Dupont, A. et R. R. Gagnon. 1996. Entomologie forestière - Chapitre 23. Pp. 1004 -1043. In Ordre des ingénieurs forestiers du Québec (éd.). Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy. 1428 p.

(8) DORAIS, L., Auger, M., Pelletier, M., Chabot, M., Bordeleau, C. et J. Cabana. 1995. La répression des insectes au Québec, 1974 -1987. Pp 667-678. In Armstrong, J. A. et W. G. H. Ives (éd.). Insectes forestiers ravageurs au Canada. RNCan, Service canadien des forêts, Ottawa. 732 p.

(9) GENEST, M. E. 1941. L'utilité des places permanentes en entomologie. Nat. Can., 68(12) ;262-271.

(10) GAGNON, R. R. et M. Chabot. 1991. Prévention des pertes de bois attribuables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Min. Forêts Québec, Québec. FQ92-3011.

(11) GRAY, D. R., Régnière, J. et B. Boulet. 2000. Analysis and use of historical patterns of spruce budworm defoliation to forecast outbreak patterns in Québec. Forest Ecology and Management, 127 : 217-231.

(12) RÉGNIÈRE, J. et T. J. Lysyk. 1995. Dynamique des populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana). Pp 95-106. In Armstrong, J. A. et W. G. H. Ives (éd.). Insectes forestiers ravageurs au Canada. RNCan, Service canadien des forêts, Ottawa. 732 p.

(13) VÉZINA, S. 1985. Mise à jour des volumes de mortalité dus à l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette – Année 1983. Serv. techniques de l'aménagement. Min. Énergie et Res. Québec. Rapport interne. 56 p.

État des connaissances

Le processus épidémique chez la tordeuse, et les stratégies de lutte actuelles et à venir

Jacques Régnière, Ph.D.

Service canadien des forêts - Centre de foresterie des Laurentides

Le processus épidémique chez la tordeuse, et les stratégies de lutte actuelles et à venir

Résumé

Y a-t-il une alternative à la stratégie actuelle de protection des forêts contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), qui consiste essentiellement à garder vivants les peuplements ciblés pour leur valeur commerciale ou leur vulnérabilité? Quelle est la possibilité d'intervenir hâtivement, avant qu'il ne soit trop tard? Les connaissances actuelles en dynamique des populations de la TBE indiquent que le processus épidémique chez cet insecte n'en est pas essentiellement un d'expansion à partir de foyers d'infestation. Une intervention hâtive ne pourrait donc être fondée sur une approche d'élimination des « épicentres ». L'oscillation épidémique chez la TBE exprime une fluctuation graduelle du taux de survie des stades larvaires avancés, un processus essentiellement local. Cette fluctuation graduelle résulte de l'interaction de nombreux facteurs, incluant la relation insecte-plante hôte, et les changements d'impact du complexe des ennemis naturels, le tout régi par les conditions environnementales qui confèrent au cycle épidémique son caractère stochastique. Dans ce contexte, l'impact de la migration des papillons n'est pas principalement de déplacer ou d'étendre une épidémie comme se répandrait un feu ou une infection. La migration représente plutôt un puissant mécanisme de synchronisation régionale qui exacerbe l'amplitude et la fréquence des pullulations.

Introduction

La TBE est un insecte indigène des forêts du nord de l'Amérique et qui appartient au grand groupe des tordeuses des conifères (Harvey 1985). La plupart de ces espèces sont de nature épidémique, c'est-à-dire que leurs populations montrent des fluctuations prononcées plus ou moins rapides ou régulières (Volney 1985). Il y a tout lieu de croire que ces épidémies font partie du fonctionnement naturel des écosystèmes forestiers concernés depuis au moins la fin de la dernière époque glacière (Volney 1985).

Depuis le début des années 90, la TBE est en résurgence au Québec, en particulier en Outaouais. Le scénario de développement de cette nouvelle épidémie ressemble beaucoup à la séquence d'événements entourant le développement de l'épidémie de 1968-1990, sur les plans géographiques (Hardy et *al.* 1986) et forestiers (Hardy et *al.* 1983). C'est ce qui a poussé certains auteurs à utiliser le cours de l'épidémie précédente pour prédire le cours de la prochaine (Gray et *al.* 2000). Par contre, la progression de l'épidémie actuelle semble être plus lente (voir la présentation de B. Boulet), et plusieurs ont émis l'hypothèse que ce ralentissement proviendrait du fait que la composition forestière est très différente de ce qu'elle était à la fin des années 60 en Outaouais. Il ne faut pas non plus négliger le fait que la SOPFIM utilise le *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*) dans un programme expérimental et opérationnel dans cette région depuis 1995. Ces circonstances laissent espérer que l'Homme pourra influencer significativement l'ampleur et l'étendue de ce processus naturel par l'aménagement forestier et la répression des populations.

Pour mettre au point une stratégie éclairée de lutte contre la TBE, il faut connaître et comprendre les principaux mécanismes impliqués dans le processus épidémique chez l'insecte. Il est important de pouvoir discerner la part que jouent les grands facteurs tels que le climat, la structure des peuplements (composition, vigueur, âge, répartition spatiale), les relations hôte-insecte (alimentation, mécanismes de défense), les ennemis naturels (prédateurs, pathogènes, parasites) et la migration des papillons dans le déclenchement, le maintien et le déclin d'une épidémie.

Dans cette présentation, je fais un survol rapide des bases de notre compréhension actuelle du processus épidémique chez la TBE et des implications de ces connaissances pour la lutte contre le ravageur.

L'épidémiologie de la TBE

Notre vision du comportement des épidémies de TBE nous provient de diverses sources d'information de qualité différente : les chroniques de naturalistes ou forestiers du début du siècle (Tothill 1924; Swaine 1922), les études de dendrochronologie (Bailey 1924; Blais 1964, 1965a; Morin & Laprise 1989; Morin et *al.* 1992), la cartographie de la défoliation ou de la mortalité des peuplements susceptibles (Brown 1970; Kettela 1983; Hardy et *al* 1986) et les données recueillies par les méthodes plus récentes de suivi des populations (Sanders 1980, 1988) et de télédétection (Ahern et *al* 1991). L'interprétation d'une source aussi hétérogène d'information est remplie d'embûches. En particulier, il faut réaliser que l'absence de dommages (anneaux de croissance normaux, pas de défoliation visible du haut

des airs, pas de mortalité inhabituelle d'arbres) ne signifie ni l'absence d'insectes ni même leur rareté (Régnière 1985).

Blais (1968), entre autres, considérait les épidémies de la TBE comme des phénomènes plus ou moins isolés géographiquement et distinguait plusieurs régions épidémiques différentes dans l'est du Canada. Selon lui, les épidémies se déclenchaient dans des peuplements de sapins surannés dans lesquels la floraison était particulièrement abondante (Blais 1952), et en réponse à des conditions climatiques particulièrement favorables (Greenbank 1956; Blais 1985; mais voir aussi Royama 1992). La relation entre la TBE et la floraison du sapin a fait l'objet de recherches jusqu'à tout récemment (Carisey & Bauce 1997). Selon Blais et ses contemporains (Greenbank 1957), les épidémies se répandaient ensuite aux peuplements avoisinants par migration des papillons et dispersion des jeunes larves, ce qui engendrait une épidémie régionale. Une fois l'épidémie déclenchée, c'est la famine et éventuellement la mort des arbres susceptibles qui provoquaient le déclin. Dans leur analyse récente de l'historique de la défoliation par la TBE en Ontario, Candau et *al.* (1998) ont retenu l'interprétation régionale que faisait Blais de l'épidémiologie de la TBE.

En analysant dans le détail l'histoire du début de la dernière épidémie, Hardy et *al.* (1983) sont parvenus à une conclusion différente en ce qui a trait aux peuplements dans lesquels le déclenchement se produit : il s'agit plutôt de peuplements résineux à haute teneur en épinette, dans la zone de forêt mélangée longeant la vallée du St-Laurent et des Grands Lacs, plutôt que dans la forêt boréale plus au nord ou dans la forêt feuillue plus au sud. Il est clair, avec la haute résolution d'information qui est recueillie depuis plusieurs années par le ministère des Ressources naturelles du Québec, que les premières défoliations se produisent bien dans les peuplements à haute teneur en épinette blanche, souvent des plantations (B. Boulet, comm. pers.). Par contre, tous ces auteurs partageaient l'opinion que les épidémies de TBE étaient déclenchées par des conditions favorables dans des populations de TBE autrement maintenues à un niveau « normal » endémique (rare).

Royama (1984, 1992) interprète différemment la même information historique sur la TBE. Contrairement à Blais, il insiste sur le haut niveau de synchronisme exhibé par l'information démographique récoltée au Nouveau-Brunswick au cours du siècle. À partir d'un concept dans lequel ce synchronisme est imparfait, il reconstitue un historique généralisé des épidémies des deux derniers siècles dans l'est du Canada (fig. 1). Cet historique révèle des fluctuations d'intensité et de durée variables, dont certaines peuvent n'avoir laissé que peu ou pas de traces dans les anneaux de croissance des arbres de l'époque. Cette vision d'une oscillation généralisée et plus ou moins bien synchronisée sur une vaste portion de la forêt occupée par la TBE a récemment été confirmée par l'analyse spatiale des données de défoliation dans l'est du continent (Williams & Liebhold 2000a).

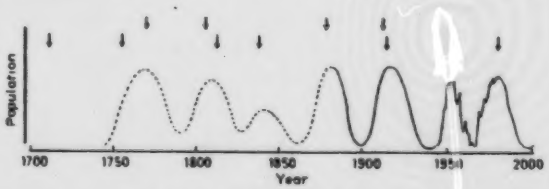


Figure 1. Reconstruction des fluctuations de populations de TBE dans l'est du Canada de 1750 à aujourd'hui. Tiré de Royama, T. 1992. Analytical population dynamics. Chapman & Hill. N.Y (his Fig. 9.4).

Ces derniers auteurs soutiennent que le synchronisme des fluctuations des populations de TBE est du même ordre d'étendue géographique que la corrélation des extrêmes climatiques, et donc que ce synchronisme pourrait être le résultat de réponses aux mêmes influences climatiques. Régnière & Lysyk (1995) par contre croient que le synchronisme sur de grandes étendues où les conditions écologiques varient ne pourrait pas être maintenu simplement par un signal aléatoire indépendant de la densité, mais que la migration des papillons constitue un mécanisme beaucoup plus robuste et plausible.

La dynamique des populations de la TBE

Un premier effort important d'étude de la dynamique des populations de la TBE a été fait au Nouveau-Brunswick pendant les années 45-60 dans le cadre du projet de Rivière-Verte (Morris 1963). Les résultats de ces recherches pionnières dans le domaine de l'écologie des insectes ont mené à la formulation de la théorie du double équilibre. Selon cette théorie, les populations de TBE sont tenues en échec au niveau endémique entre les épidémies par une combinaison de facteurs de mortalité dont les deux plus importants sont la prédation avienne et les pertes par dispersion des jeunes larves. Ces deux facteurs constituent la « fosse » de prédation, une dépression dans la courbe de recrutement que la population de TBE doit surmonter pour atteindre un

niveau d'équilibre épidémique. Ceci ne se produit que par l'accumulation de feuillage hôte dans les peuplements vieillissants et suffisamment résineux, et peut être accéléré par toute augmentation du taux de recrutement (survie, reproduction), comme lors d'années climatiquement favorables. Une fois que ce niveau de population est atteint, c'est la quantité et la qualité de la nourriture qui sont les facteurs de régulation (famine, baisse de fécondité, émigration). C'est l'épuisement et la mort des arbres qui causent le déclin subséquent et le recommencement du cycle. Une analyse récente de l'historique de la défoliation par la TBE entre 1945 et 1980 a réitéré cette interprétation, surtout dans la zone d'abondance maximum de la TBE (Williams & Liebhold 2000b).

Royama (1984) a réanalysé les résultats du projet de Rivière-Verte. Il a découvert que c'est un changement graduel et marqué de la survie des larves des stades avancés (3-6) qui est responsable de la montée et de la baisse des niveaux de populations au cours d'une épidémie, et ce, même en l'absence de dommages importants aux peuplements. À ce changement graduel du taux de survie, vient se superposer une fluctuation aléatoire marquée de la fécondité apparente, qui est contrôlée surtout par la migration des papillons. Royama (1984) a comparé cette oscillation à un processus aléatoire dépendant de la densité avec délai, de nature similaire à une oscillation prédateur/proie. Il n'a cependant pas été en mesure d'identifier précisément les causes du changement graduel du taux de survie sauf pour le limiter à un ennemi naturel. C'est alors que le SCF et ses collaborateurs se sont lancés dans une nouvelle vague d'études de dynamique des populations, centrées en particulier sur la période de déclin. Des travaux ont aussi été faits, surtout au Québec, pendant la période endémique.

Les résultats de ces travaux sont encore inédits. Par contre, il apparaît évident désormais que ce qui avait d'abord semblé être un processus relativement simple est en fait très complexe. Royama (1992) le reconnaissait volontiers, et de plus en plus (communication personnelle). Plusieurs auteurs ont cherché en vain à trouver dans les séries temporelles de défoliation une preuve statistique que les populations de TBE sont régies par un processus de nature densité dépendante avec délai (Turchin 1990; William & Liebhold 2000b). La réalité n'est donc pas si simple.

Le système TBE-forêt est très complexe. Les populations épidémiques sont sans contredit limitées par le manque d'une nourriture adéquate en quantité et en qualité (Bauce & Hardy 1988; MacLean & Ostaff 1989; Bauce 1996), mais cette relation n'est pas suffisante pour expliquer le patron épidémique (Mattson et *al* 1991). Lors d'une nouvelle pullulation, la population de TBE croît donc le long d'une trajectoire logistique. Mais cette trajectoire est ponctuée de ralentissements et d'accélérations aléatoires, en réponse à une foule de facteurs environnementaux, et de la balance entre émigration et immigration des papillons. Quoi qu'il en soit, la nature « stochastique » de la trajectoire est fondamentale à notre compréhension du processus épidémique. Au fur et à mesure que la nouvelle épidémie vieillit, plusieurs processus se déclenchent. D'abord, les arbres hôtes dépérissent : le nouveau feuillage devient plus étiolé, moins nourrissant. Ceci entraîne une baisse du taux de survie larvaire et de la fécondité des survivants (Blais 1953; Bauce 1996). De plus, on considère généralement que la tendance à l'émigration des femelles de la TBE est influencée soit par le niveau de dommages aux arbres (Greenbank et *al* 1980; Royama 1992), ou par l'alimentation larvaire (Delisle et *al* 1999). La défoliation cumulative change aussi la vigueur et la capacité de résistance des arbres, ce qui engendre un mécanisme de feedback négatif. La capacité de croissance de la TBE diminue. La largeur de la bande probabiliste à l'intérieur de laquelle la population de l'insecte peut se retrouver s'élargit à la baisse (puisque la limite supérieure est plafonnée par l'abondance du feuillage). Pendant ce temps, les effectifs des ennemis naturels se construisent. Ces organismes se divisent en trois grands groupes : ceux qui sont spécifiques à la TBE (n'exploitant que cette espèce), ceux qui sont paurospécifiques (utilisant au moins une autre espèce en plus de la TBE, par exemple pour compléter un cycle vital multivoltin), et ceux qui sont des généralistes (pour lesquels la TBE n'est qu'une proie parmi tant d'autres). Les parasitoïdes *Apanteles* et *Glypta fumiferanae* sont du premier groupe (spécifiques à la TBE). Mais leur réponse numérique semble être mitigée par un complexe d'hyperparasites (Huber et *al* 1996; E. Eveleigh, comm. pers.). Le pathogène *Nosema fumiferanae*, une microsporidie, est aussi spécifique à la TBE. C'est un des seuls ennemis naturels spécifiques dont la fréquence semble vraiment augmenter en réponse à la gradation de la population de TBE durant la phase épidémique et exercer ainsi un contrôle (Thomson 1958ab; Régnière 1984). Les deux autres groupes (paurospécifiques et généralistes) constituent la vaste majorité des ennemis naturels de la TBE. Ce sont les oiseaux (Keindeigh 1947; Morris et *al* 1958; Crawford et *al* 1983; Crawford & Jennings 1989) et plusieurs groupes

de parasitoïdes (Dowden et *al* 1948; Blais 1965b) qui ont le plus d'impact sur la TBE en fin d'épidémie. Mais ces organismes ne peuvent que répondre partiellement à l'abondance de la TBE parce qu'ils ont besoin d'hôtes alternes pour compléter leur cycle vital. C'est le cas, par exemple, de la braconide *Mereorus trachynotus* (Maltais et *al.* 1989), de l'eulophide *Elachertus cacoeciae* (Figden et Eveleigh 1998), de l'ichneumon *Tranosema rostrale* (M. Cusson, comm. pers.) et de la mouche *Actia interrupta* (données inédites). Les effectifs de ces organismes sont donc limités par la disponibilité de ressources autres que la population de TBE et sont eux aussi soumis à des fluctuations aléatoires. Ceci résulte en une trajectoire logistique aléatoire pour ces ennemis naturels eux-mêmes. Ensemble, ces organismes forment un complexe appelé le complexe régulateur. La plupart des hôtes alternes utilisés par les ennemis naturels se retrouvent surtout sur des plantes autres que les conifères servant de nourriture à la TBE. Ceci explique pourquoi la composition végétale d'un peuplement, en particulier la proportion de feuillus par rapport aux conifères, influe sur la sévérité et la durée du dommage infligé par la TBE, comme l'ont documenté Su et *al.* (1996). De plus, la structure de la forêt avoisinante a un effet sur la composition du complexe parasitaire et sur les dommages causés à un peuplement par une épidémie de TBE (Cappucino et *al.* 1998, 1999). Ce concept de la dynamique des populations de la TBE est illustré à la figure 2.

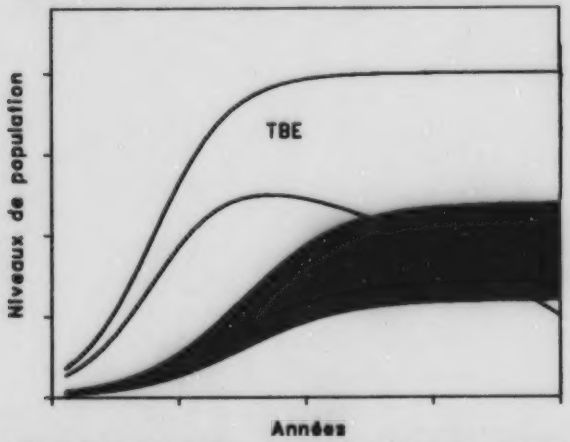


Figure 2. Conceptualisation du processus épidémique chez la TBE. Un déclin se produit dès que la population de TBE se trouve dans la bande de chevauchement où les ennemis naturels peuvent lui infliger une mortalité suffisamment élevée.

Une nouvelle épidémie de TBE se déclare lorsque l'impact total du complexe régulateur est faible, suite à une période prolongée de disette où la proie principale, la TBE, était très peu abondante. En période de résurgence, la TBE ne subit que peu de mortalité de la part de ses ennemis naturels et ses populations augmentent à un rythme exponentiel. Le niveau de population de la TBE est limité par la disponibilité de feuillage et est sujet à des fluctuations aléatoires considérables, dont la principale source est la migration des papillons (Royama 1984). L'intensité de la migration (positive ou négative) dépend de la condition du peuplement et de la répartition spatiale des populations de TBE avoisinantes. Il y a une distribution de probabilités associée au niveau de population, qui est en grande partie déterminée par son état de santé, son état nutritionnel et son contexte spatial. Il y a un délai de plusieurs années dans l'augmentation de l'importance du complexe régulateur, et cette augmentation est limitée par la disponibilité des hôtes alternes requis par les espèces multivoltines et généralistes. Il y a aussi une distribution de probabilités associée à l'importance du complexe régulateur. Une épidémie se résorbe, entraînant un déclin, lorsque la mortalité de la TBE excède le taux de reproduction sur une période de plusieurs générations, à moins que le peuplement ne meure auparavant, bien entendu. Ces conditions peuvent se réaliser par l'entremise d'une diminution du taux de reproduction (perte de fécondité, augmentation du taux d'émigration) ou par une augmentation du taux de mortalité. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à une telle augmentation (baisse de qualité du feuillage des arbres endommagés, ouverture du peuplement par mortalité partielle), mais c'est surtout une augmentation de l'impact du complexe régulateur qui est associée à la forte mortalité enregistrée lors des déclins. Par contre, étant donné que le niveau de population de la TBE et l'importance numérique du complexe régulateur sont des variables aléatoires, le moment du déclin est lui aussi un événement aléatoire. Une fois que le déclin est enclenché, l'importance numérique du complexe régulateur relativement à la population réduite de TBE fait en sorte que le taux de mortalité infligée est, et demeure, très élevé jusqu'à ce que le cycle recommence.

En période de résurgence, l'immigration de papillons en provenance de populations avoisinantes sert d'accélérateur en augmentant le taux de croissance de la population locale, mais ne joue pas le rôle de déclencheur qu'on lui a antérieurement prêté (Greenbank 1957). Cette accélération ainsi que le ralentissement des populations émettrices qui en est la contrepartie ont plutôt comme conséquence de synchroniser les oscillations des populations sur de grandes étendues de territoire (fig. 3).

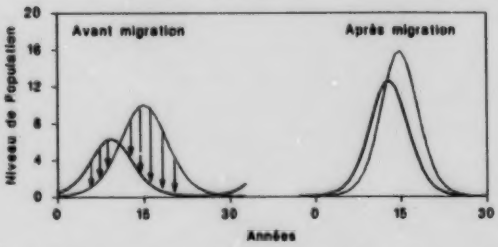


Figure 3. Illustration du rôle synchronisant de la migration des papillons sur les oscillations des populations de la TBE. La migration homogénéise la fréquence et augmente l'intensité des oscillations.

À l'échelle du paysage (sur de grandes régions comme le Québec septentrional, où existent des grands gradients abiotiques [climatiques, édaphiques, topographiques] et biotiques [écosystèmes, biomes]), il est probable que la fréquence et l'amplitude intrinsèque des oscillations de populations de TBE diffèrent grandement (en particulier, des cycles plus serrés et moins prononcés dans les sites plus méridionaux, et plus accentués et lents dans les sites plus septentrionaux). Ces différences géographiques dans la dynamique des populations de TBE ne peuvent cependant pas s'exprimer librement à cause du pouvoir synchronisant de la migration. En fait, ne peut demeurer qu'un vestige de ces différences, qui ne s'expriment plus que par des délais dans le début et la fin de l'épidémie et dans sa sévérité (donc dans le dommage qu'elle cause à la ressource forestière). Ce genre de synchronisation imparfaite causée par les différences intrinsèques de cyclicité est illustré à la figure 4.

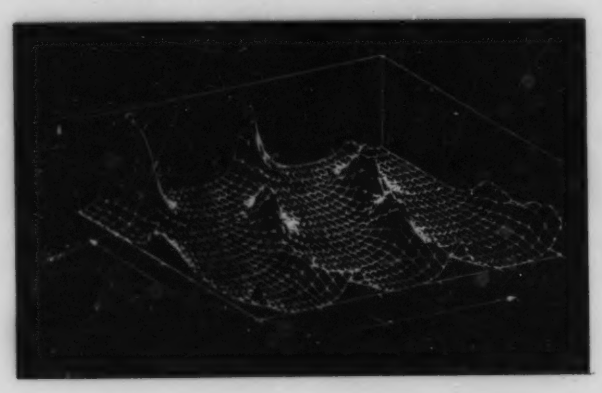


Figure 4. Simulation de l'impact de la migration sur une série spatiale de populations le long d'un transect nord-sud passant par une gradation de conditions écologiques ayant une conséquence sur les caractéristiques cycliques des populations. Noter que les populations au centre du transect oscillent plus rapidement et avec moins d'amplitude que les populations plus au sud, et surtout plus au nord, où les conditions sont plus marginales pour l'insecte.

La lutte contre la TBE

Actuellement, la lutte contre la TBE est fondée sur l'utilisation de l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, ou *B.t.k.* L'interaction de ce bacille avec la TBE est de mieux en mieux comprise (Cooke & Régnière 1996, 1998; Régnière & Cooke 1997), et l'efficacité du produit s'améliore sans cesse. Par contre, son utilisation ne diffère en rien de celle qui était faite des produits chimiques au cours de la dernière épidémie : protection du feuillage sur les peuplements les plus gravement atteints ou de plus haute valeur pour l'industrie forestière. Les améliorations apportées se situent surtout au niveau du ciblage phénologique (Régnière 1987, 1996; Régnière & You 1991) et économique (MacLean & Porter 1994) ainsi que dans l'optimisation de la pulvérisation (van Frankenhuyzen & Payne 1991) et du dépôt par contrôle GPS du vol des aéronefs d'épandage (recherches du comité SERG dont fait partie la SOPFIM). Cette approche réactive, couplée à la coupe préventive, n'a que peu ou pas d'impact sur le cours d'une épidémie. Elle ne permet que de garder vivants un certain nombre de peuplements de haute valeur et est centrée sur les peuplements les plus à risque.

Le concept d'intervention hâtive

La vision de Blais et de Morris du processus épidémique forme le cœur d'un modèle de simulation mis au point à la fin des années 70 par une équipe d'écologistes de l'Université de Colombie-Britannique, dirigée par C.H. Holling (Clark et *al* 1979; Peterman et *al* 1979). C'est sur la base de ce modèle que se sont élaborées les premières approches d'intervention hâtive. Le concept originel de l'intervention hâtive pour lutter contre la TBE découle de l'idée que les pullulations de cet insecte sont de nature similaire à un feu de forêt qui se déclare dans un peuplement et se répand aux peuplements voisins. Donc, une stratégie évidente serait d'éliminer les épicentres par épandages d'insecticides comme d'eau sur un feu.

Le concept d'oblitération des épicentres par application d'insecticides a été testé à plusieurs reprises au cours de la dernière épidémie en Ontario (Howse & Sippell 1975), aux É.U. (Dimond 1976), ainsi qu'au Québec (Blais 1963, 1965a). Ces tentatives ont été discutées par Sippell (1984), qui a par la suite préconisé l'application de cette approche de lutte sur une échelle internationale (Sippell 1985). Certaines de ces tentatives ont été rapportées comme des succès. Malheureusement, les mieux documentés de ces « succès » ont en fait été obtenus

sur des populations vestigiales en fin d'épidémie plutôt qu'en début. Il s'agirait plutôt de réussites à induire des déclins.

La vision actuelle du processus épidémique laisse entrevoir que l'épicentre n'est pas la source mais plutôt l'indication d'une nouvelle épidémie. Cette idée n'est pas nouvelle (Stehr 1969). Pendant la période endémique, la TBE est présente à faible densité partout au Québec où se retrouvent ses plantes hôtes, comme en témoigne le réseau de pièges à phéromone déployé chaque année par le MRN. L'augmentation des niveaux de population en début d'épidémie est un phénomène qui se produit sur une échelle spatiale très vaste, où les « épicentres » ne sont en fait que la crête de la vague (Régnière & Lysyk 1995). L'augmentation généralisée des populations de TBE en début d'épidémie est causée par une diminution correspondante de l'impact du complexe d'ennemis naturels de la TBE (Royama 1984, 1992; données inédites). Tenter d'enrayer une épidémie imminente par élimination de ces épicentres est donc une action futile.

Il demeure possible que les interventions dans des populations ascendantes puissent ralentir la progression de la défoliation dans la région traitée. En effet, les observations faites au Lac Burchell dans les années 60 (Howse & Sippell 1975) et en Outaouais depuis 1995 le suggèrent. En ce sens, l'expérience du Manitoba est très révélatrice (comm. pers., L. Matwee, Manitoba Department of Natural Resources). La stratégie de lutte dans cette province est de réduire les populations plutôt que de simplement protéger le feuillage. Les interventions se sont soldées par une réduction des populations s'étalant sur un nombre d'années pendant que la population de TBE récupérait. Il y a lieu de se demander si un effet aussi prolongé est le résultat de conditions particulières de dynamique des populations propres à cette région. Quoi qu'il en soit, il apparaît possible, dans certaines circonstances qui demeurent à déterminer, de réprimer les populations de TBE par application d'insecticides à intervalles de plusieurs années.

De plus, il est probable que la sylviculture offre une avenue de lutte intéressante. Ce concept n'est pas nouveau : en effet, Tothill (1919) suggérait qu'éviter les grands peuplements de sapins purs diminuerait les risques de dommages. L'éclaircie, commerciale ou précommerciale, semble aussi être un outil sylvicole intéressant (Piene & MacLean 1984; Piene 1989; MacLean & Piene 1995; Bauce 1996). Toute une documentation existe sur le sujet (voir Schmidt et *al* 1984). L'intégration des ennemis naturels dans l'optimisation des programmes de lutte contre la TBE a également été discutée dans la littérature (Nealis & van Frankenhuyzen 1990; You & Smith 1991; Nealis 1991; Cadogan et *al* 1995). Par contre, une approche intégrée d'intervention hâtive utilisant les nouveaux concepts de dynamique des populations de la TBE n'est pas couramment disponible.

Dans un contexte de dynamique des populations tel que décrit ici, une stratégie d'intervention hâtive contre la TBE (fig. 5) pourrait viser au moins un des objectifs suivants :

1. Répression des populations au-dessous du seuil de défoliation pouvant avoir un impact sur la croissance des arbres (environ 10-20 %), faisant en sorte que plusieurs années puissent passer entre les applications. Les interventions visent la réduction des populations et sont optimisées pour la mortalité plutôt que pour la protection du feuillage. Plus les applications sont efficaces, plus le nombre d'années entre les traitements peut être élevé.
2. Ralentissement de la progression d'une épidémie régionale, et limitation de sa gravité, par diminution des taux d'émigration (par une réduction de la défoliation) et diminution du taux de croissance moyen dans la région traitée (effet insecticide).
3. Induction d'un déclin hâtif, par changement de balance entre la population de TBE et le complexe régulateur. Dans cette ligne de pensée, un déclin serait plus facile à provoquer dans un peuplement mélangé diversifié (fig. 5b) que dans un peuplement conifèrien pur (fig. 5a).
4. Intégration de l'application d'insecticides avec la lutte préventive (sylviculture). L'éclaircie est la méthode préventive favorisée par la politique provinciale de protection des forêts contre les ravageurs. Cette politique vise à augmenter la résistance des peuplements à la défoliation, tout en diminuant le nombre total d'insectes par unité de surface de terrain. L'éclaircie a le potentiel d'altérer le rapport prédateur/proie.

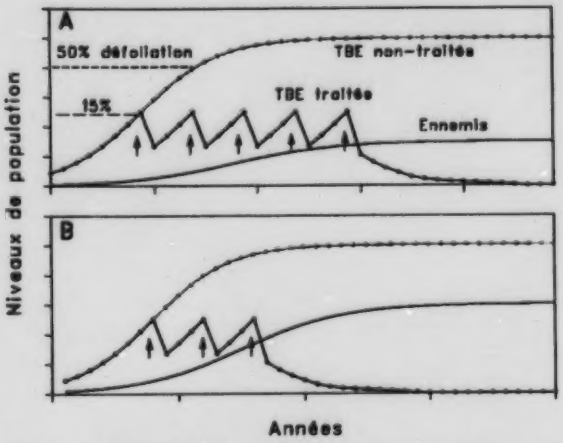


Figure 5. Illustration du concept d'intervention hâtive. (a) Peuplement conifèrien pur. (b) Peuplement mélangé.

Le premier objectif, illustré à la figure 5, est le pilier principal d'une stratégie d'intervention hâtive. Actuellement, les interventions contre la TBE visent à protéger le feuillage pour conserver vivants les arbres de peuplements de haute valeur et particulièrement susceptibles. En période épidémique, cette approche peut signifier qu'un peuplement est traité chaque année et que, malgré cette protection, la défoliation soit assez élevée pour qu'il y ait interruption de la croissance des arbres. L'intervention hâtive vise à réprimer la population de TBE de sorte que la défoliation reste en dessous d'un seuil beaucoup plus bas, soit environ 10-20 %, afin qu'il n'y ait pas de perte significative de croissance du peuplement. L'idée est de réduire la population au plus bas niveau possible avec un traitement dont l'efficacité serait optimisée en matière de mortalité infligée à la TBE plutôt que de protection du feuillage. Il est permis de croire, d'après l'expérience albertaine avec la répression des populations de la TBE, que des interventions hâtives efficaces permettraient d'appliquer l'insecticide à intervalles de plusieurs années, tant que la population de TBE n'aurait pas récupéré du traitement.

Idéalement, une fois que le niveau de population des ennemis naturels aura atteint son maximum dans le peuplement sous aménagement hâtif, il y aura possibilité d'induction d'un déclin. Plus la population de ces ennemis naturels sera élevée, plus un tel déclin sera probable et moins longue sera la période de traitement (fig. 5).

Il y a trois principaux problèmes qui pourraient invalider le scénario envisagé. Premièrement, l'augmentation des effectifs des ennemis naturels dans un peuplement pendant une épidémie demeure une hypothèse émise en explication des observations faites sur les populations de TBE en déclin au cours de 20 dernières années. Cette hypothèse n'a pas été testée rigoureusement, et toute approche de lutte hâtive ne demeurera que conjecture tant qu'elle n'aura pas été vérifiée. Deuxièmement, les traitements au *B.t.* peuvent avoir un effet négatif sur les insectes servant de proies ou d'hôtes alternes pour les ennemis naturels de la TBE. Il s'agit ici surtout d'espèces de lépidoptères qui sont à l'état larvaire lors des applications et qui servent de ressources pour prédateurs ou parasitoïdes pendant la partie de l'été après que la TBE a complété son développement. En effet, un effet dépressif important du *B.t.* sur certaines de ces espèces aurait possiblement comme conséquence d'abaisser le niveau de populations d'ennemis naturels importants, prolongeant ainsi la durée des épidémies. Enfin, la TBE est très mobile, particulièrement au stade adulte. Donc, un traitement hâtif fait sur une trop petite surface est voué à l'échec puisqu'un fort taux d'immigration ramènerait forcément la population à son niveau prétraitement. Le succès d'un programme d'intervention hâtive dépend donc de la relation entre la taille des blocs traités et l'échelle spatiale à laquelle la réinvasion devient négligeable. Cette échelle est encore inconnue, mais dépendra vraisemblablement du contexte spatial (proximité des populations avoisinantes).

Un projet de recherche a donc été mis sur pied pour déterminer :

1. jusqu'à quel point une approche d'intervention hâtive par application d'insecticides contre des populations de TBE en résurgence est possible étant donné les contraintes opérationnelles (surfaces à traiter, efficacité des produits) et la biologie de la TBE (augmentation des effectifs des ennemis naturels, impact des traitements sur les ennemis naturels, réinvasion) ;
2. dans quelles circonstances (contexte forestier) une stratégie d'intervention hâtive serait la plus appropriée d'un point de vue efficacité (coûts/bénifices et de minimisation de l'usage d'insecticides) par rapport à l'approche traditionnelle de protection du feuillage.

Plus spécifiquement, nous proposons de déterminer l'effet d'interventions hâtives avec le *B.t.* sur plusieurs paramètres clés de la dynamique des populations de la TBE et de son impact sur les arbres, en comparant des mesures prises dans des populations traitées et témoins dans plusieurs peuplements à caractère différent. Nous avons retenu trois paramètres importants distinguant les

peuplements : la proportion de conifères susceptibles à la TBE par rapport aux feuillus, la densité des conifères (manipulée par éclaircie commerciale) et l'isolation du peuplement.

La composition et la densité des peuplements devraient avoir une incidence importante sur le rapport des nombres entre la TBE et ses ennemis naturels (fig. 6).

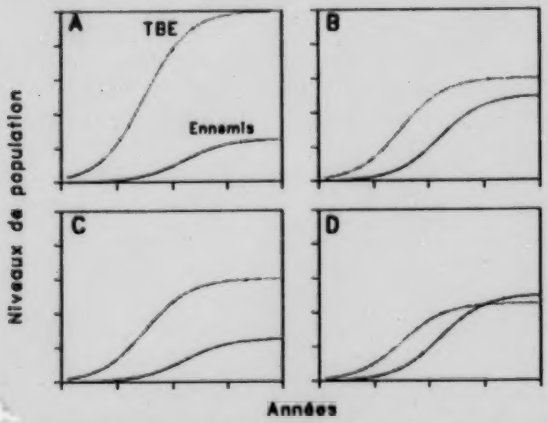


Figure 6. Relations probables entre la structure des peuplements et la densité absolue de la TBE et de ses ennemis naturels : (a) peuplement conifèrien dense; (b) peuplement mélangé; (c) peuplement conifèrien éclairci; et (d) peuplement essentiellement feuillu.

Un peuplement conifèrien dense a une population élevée de TBE (par ha) et une population faible d'ennemis naturels, en vertu du peu de plantes disponibles pour les hôtes alternes de ceux-ci (fig. 6a). Par contre, un peuplement mélangé devrait contenir moins de TBE et plus d'ennemis naturels (fig. 6b). Dans la situation où le peuplement conifèrien a été éclairci, il est possible que la quantité de feuillage disponible à la TBE diminue, sans qu'il y ait pour autant de changement dans l'abondance des ennemis naturels (fig. 6c). Il est par contre possible qu'un peuplement éclairci réagisse par une augmentation de la quantité et de la qualité du feuillage. La situation « idéale » est représentée à la fig. 6d : une très faible quantité de feuillage de conifères dans un peuplement essentiellement feuillu, une situation qui est reconnue comme étant à peu près immunisée contre la TBE (Su et *al* 1996).

L'isolation du peuplement est une caractéristique ayant une incidence importante sur les mouvements de la TBE et de ses ennemis naturels. Ce sont les peuplements de conifères susceptibles ou mélangés isolés dans une matrice de forêts peu susceptibles (feuillus) qui retiennent le plus l'attention, puisque dans de tels peuplements le taux d'immigration de la TBE devrait être relativement peu élevé et que le déplacement net d'ennemis naturels devrait être en direction de l'îlot. Il a été démontré que l'isolation des peuplements a une incidence sur le niveau de dommages subis lors d'une épidémie et sur les taux de parasitisme (Cappucino et *al.* 1998).

Conclusion

La lutte contre la TBE au cours de la prochaine épidémie au Québec devra se faire avec le *B.t.*, en mode de protection du feuillage, et visera à garder les arbres vivants dans les peuplements ciblés faisant partie du mandat de la SOPFIM. Par contre, une approche de lutte plus proactive se dessine, et il est possible que les résultats des recherches que nous entreprenons actuellement puissent porter fruit suffisamment tôt pour être applicables au moins sur une partie du territoire de la province au cours de l'épidémie qui s'annonce.

Références

AHERN, F. J., T. Erdle, D. A. Maclean & I. D. Kneppelnck. 1991. A quantitative Relationship Between Forest Growth Rates and Thematic Mapper Reflectance Measurements. Int. J. Remote Sensing. 12: 387-400.

BAILEY, I.W. 1924. Studies on the spruce budworm, Part II. Abnormalities of ring growth and cell structure. Can. Dept. Agric. Tech. Bull. 37 : 58-90.

BAUCE, E. 1996. One and two years impact of commercial thinning on spruce budworm feeding ecology and host tree foliage production and chemistry. For. Chron. 72: 393-398.

BAUCE, E. & Y. Hardy. 1988. Effects of drainage and severe defoliation on the rawfiber content of balsam fir needles and growth of the of the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 17: 671-674.

BLAIS, J. R. 1952. The relationship of the spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.) to the flowering condition of balsam fir (Abies Balsamea (L.) Mill.). Can. J. Zool. 30:1-19.

BLAIS, J. R. 1953. Effects of the destruction of the current year's foliage of balsam fir on the fecundity and habits of flight of the spruce budworm. Can. Ent. 85:446-448.

BLAIS, J. R. 1963. Control of a spruce budworm outbreak in Quebec through aerial spraying operations. Can. Entomol. 95: 821-827.

BLAIS, J.R. 1964. History of spruce budworm outbreaks in the past two centuries in southestern Quebec and northern Maine. Can. For. Serv. Bi-Monthly Prog. Rep. 20(5).

BLAIS, J.R. 1965a. Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentide Park, Quebec. For. Science 11: 130-138.

BLAIS, J. R. 1965b. Parasite studies in two residual spruce budworm (Choristoneura fumiferana (Clem.)) Outbreaks in Quebec. Can. Ent. 97:129-136.

BLAIS, J.R. 1968. Regional variation in the susceptibility of eastern North American forests to budworm attack based on history of outbreaks. For. Chron. 44: 17-23.

BLAIS, J.R. 1985. The ecology of the eastern spruce budworm: a review and discussion. p. 49-59 in 'Recent advances in spruce budworms research'. CJ Sanders, RW Stark, EJ Mullins and J. Murphy (Eds). Proc. CANUSA Symp., Bangor Me Sept 1984.

BROWN, C.E. 1970. A cartographic representation of spruce burdworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), infestation in eastern Canada 1909-1966. Can. Dept. Fisheries Forestry. Pub. 1263. Can. Forest Serv., Ottawa.

CADOGAN, B. L., V. G. Nealis & K. van Frankenhuyzen. 1995. Control of spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) with Bacillus thuringiensis applications timed to conserve a larval parasitoid. Crop Protect. 14: 31-36.

CANDAU, J-N., R. A. Fleming & A. Hopkin. 1998. Spatiotemporal patterns of large-scale defoliation caused bt the spruce budworm in Ontario since 1941. Can. J. For. Res. 28: 1733-1741.

CAPPUCCINO, N., M. J. Houle & J. Stein. 1999. The influence of understory nectar resources on parasitism of the spruce budworm Choristoneura fumiferana in the field. Agric. and Forest Entomol. 1: 33-36.

CAPPUCINO, N., D. Lavertu, Y. Bergeron & J. Régnière. 1998. Spruce budworm impact, abundance and parasitism rate in a patchy landscape. Oecologia 114: 236-242.

CARISEY, N & E. Bauce. 1997. Impact of balsam fir flowering on pollen and foliage biochemistry in relation to spruce budworm growth, development and food utilization. Entomologia Experimentalis et Applicata 85: 17-31.

CLARK, W. C., D. D. Jones & C. S. Holling. 1979.Lessons for ecological policy design: a case study of ecosystem management. Ecol. Modelling 7:1-53.

COOKE, B. J. & J. Régnière. 1996. An object-oriented, process-based stochastic model of Bacillus thuringiensis efficacy against spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Lepidoptera: Tortricidae). International Journal of Pest Management 42: 291-306.

COOKE, B. J. & J. Régnière. 1999. Predictability and measurability of Bacillus thuringiensis efficacy against spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 28: 711-721.

CRAWFORD, H. S. & D. T. Jennings. 1989. Predation by birds on spruce budworm Choristoneura fumiferana: fuctional,numerical, and total reponses. Ecology 70(1):152-163.

CRAWFORD, H. S., R. W. Titterington & D. T. Jennings. 1983. Bird predation and spruce budworm populations. J. For. 433-435.

DELISLE, J., J. F. Picimbon & J. Simard. 1999. Physiological control of pheromone production in Choristoneura fumiferana and C. rosaceana. Archives of Insect Biochem. and Physiology 42: 253-265.

DIMOND, J.B. 1976. Spruce budworm : further examples of termination of infestations with chemicals. Univ. Maine Life Sciences Agric. Exp. Sta. Misc. Rep. 184.

DOWDEN, P. B., W. D. Buchanan & V. M. Carolin. 1948. Natural-control factors affecting the spruce budworm. J. Econ. Entomol. 41: 457-463.

FIDGEN, J. G & E. S. Eveleigh. 1998. Life history characteristics of Elachertus cacoeciae (Hymenoptera: Eulophidae), an ectoparasitoid of spruce budworm larvae, Choristoneura fumiferana (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Entomol. 130: 215-229.

GRAY, D. R., J. Régnière & B. Boulet. 2000. Analysis and use of historical patterns of spruce budworm defoliation to forecast outbreak patterns in Quebec. Forest Ecology and Management 127: 217-231.

GREENBANK, D. O. 1956. The role of climate and dispersal in the initiation of outbreaks of the spruce budworm in New Brunswick : climate. Can. J. Zool. 34:453-476.

GREENBANK, D. O. 1957. The role of climate and dispersal in the initiation of outbreaks of the spruce budworm in New Brunswick : dispersal. Can. J. Zool. 35:385-403.

GREENBANK, D. O., G. W. Schaefer & R. C. Rainey. 1980. Spruce budworm (Lepidoptera: tortricidae) moth flight and dispersal: new understanding from canopy observations, radar and aircraft. Ent. Soc. Can. Mem. 110:1-49.

HARDY, Y., J. A. Lafond & L. Hamel. 1983. The epidemiology of the current spruce budworm outbreak in Quebec. For. Sci. 29: 715-725.

HARDY, Y., M. Mainville & D. M. Schmidt. 1986. Spruce budworms handbook: an atlas of spruce budworm defoliation in eastern North America, 1938-1980. U.S.D.A. For. Serv. Misc. Publ. 1449. 52p.

HARVEY, G.T. 1985. The taxonomy of the Coniferophagous Choristoneura (Lepidoptera: Tortricidae). p. 16-48 in 'Recent advances in spruce budworms research'. CJ Sanders, RW Stark, EJ Mullins and J. Murphy (Eds). Proc. CANUSA Symp., Bangor Me Sept 1984.

HOWSE, G.M. & W.L. Sippell. 1975. Aerial control operations against the spruce budworm in Ontario. p. 85-93 in M.L. Preble (Ed.) 'Aerial Control of Forest Insects in Canada'. Environment Canada, Ottawa.

HUBER,-J.T., E. Eveleigh, S. Pollock & P. McCarthy. 1996. The chalcidoid parasitoids and hyperparasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Choristoneura species (Lepidoptera:Tortricidae) in America North of Mexico. Can. Entomol. 128 : 1167-1220.

KEINDEIGH, S. C. 1947. Bird population studies in the coniferous forest biome during a spruce budworm outbreak. Can. Dept. Lands For., Div. Res. Biol. Bull. 1. 100 p.

KETTELA, E. G. 1983. Acartographic history of spruce budworm defoliation from 1967 to 1981 in eastern North America. Can. For. Info. Rep. DPC-X-14. 9p.

MACLEAN, D. A., D. P. Ostaff. 1989. Patterns of mortality caused by an uncontrolled spruce budworm outbreak. Can. J. For. Res. 19: 1087-1095.

MACLEAN, D. A. & H. Piene. 1995. Spatial and temporal patterns of balsam fir mortality in spaced and unspaced stands caused by spruce budworm defoliation. Can. J. For. Res. 25: 902-911.

MACLEAN, D. A. & K. B. Porter. 1994. A DSS for budworm and forest management: maximizing protection benifits and forecasting inventories. p. 530-541 in 'Proceedings of the Decision Support-2001 symposium. Toronto, September 1994.

MALTAIS, J., J. Régnière, C. Cloutier, C. Hébert & D. Perry. 1989. Seasonal biology of Meteorus trachynotus Vier. (Hymenoptera: Braconidae) and of its overwintering host Choristoneura rosaceana (Harr.) (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Ent. 121: 745-756.

MATTSON, W. J., R. A. Haack, R. K. Lawrence & S.S. Slocum. 1991. Considering the nutritional ecology of the spruce budworm in its management. For. Ecol. Manag. 39: 183-210.

MORIN, H. & D. Laprise. 1989. Histoire récente des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au nord du lac Saint-Jean (Québec): une analyse dendrochronologique. Can. J. For. Res. 20: 1-8.

MORIN, H., D. Laprise & Y. Bergeron. 1992. Chronology of spruce budworm outbreaks near Lake Duparquet, Abitibi region, Quebec. Can. J. For. Res. 23: 1497-1506.

MORRIS, R. F. ed. 1963. The dynamics of epidemic spruce budworm populations. Mem. Entomol. Soc. Can. 31. 332 p.

MORRIS, R. F., W. F. Cheshire, C. A. Miller & D. G. Mott. 1958. The numerical response of avian and mammalian predators during a gradation of the spruce budworm. Ecology 39: 487-494.

NEALIS, V. G. 1991. Natural Enemies and Forest Pest Management. For. Chron. 67(5): 500-505.

NEALIS, V.G. & K. van FREANKENHUYZEN. 1990. Interactions between Bacillus thuriongiensis Berliner and Apanteles fumiferanae

Vier. (Hymenoptera : Braconidae), a parasitoid of the spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.) (Lepidoptera : Tortricidae). Can. Entomol. 122 : 585-594.

PETERMAN, R. M., W. C. Clark & C. S. Holling. 1979.The dynamics of resilience: shifting stability domains in fish and insect systems. Proc. Symp. Brit. Ecol. Soc. 20:321-341.

PIENE, H. 1989. Spruce budworm defoliation and growth loss in young balsam fir: defoliation in spaced and unspaced stands and individual tree survival. Can. J. For. Res. 19: 1211-1217.

PIENE, H. & D. A. MacLean. 1984. An evaluation of growth response of young spaced balsam fir to 3 years of spruce budworm spraying with Bacillus thuringiensis. Can. J. For. Res. 14:404-411.

RÉGNIÈRE, J. 1984. Vertical transmission of diseases and population dynamics of insects with discrete generations: a model. J. Theor. Biol. 107:287-301.

RÉGNIÈRE, J. 1985. Interpreting historical records. p 143-144 in 'Recent advances in spruce budworms research'. CJ Sanders, RW Stark, EJ Mullins and J. Murphy (Eds). Proc. CANUSA Symp., Bangor Me Sept 1984.

RÉGNIÈRE, J. 1987. Temperature-dependent development of eggs and larvae of Choristoneura fumiferana (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae) and simulation of its seasonal history. Can. Ent. 119: 717-728.

RÉGNIÈRE, J. 1996. A generalized approach to landscape-wide seasonal forecasting with temperature-driven simulation models. Environ. Entomol. 25: 869-881.

RÉGNIÈRE, J. & B. Cooke. 1998. Validation of a process-oriented model of Bacillus thuringiensis Variety kurstaki efficacy against spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 27: 801-811.

RÉGNIÈRE, J. & T. J. Lysyk. 1995. Population dynamics of the spruce budworm, Choristoneura fumiferana. p. 95-105 in 'Forest insects pests in Canada', J.A. Armstrong & W.G.H. Ives Editors. Nat. Res. Canada, Can. For. Serv. Publication 732 p.

RÉGNIÈRE, J. & M. You. 1991. A simulation model of spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) feeding on balsam fir and white spruce. Ecol. Modelling 54: 277-297.

ROYAMA, T. 1984. Population dynamics of the spruce budworm Choristoneura fumiferana. Ecol. Monographs 54: 429-462.

ROYAMA, T. 1992. Analytical population dynamics. Chapman & Hall. N.Y.

SANDERS, C. J. 1980. A summary of current techniques used for sampling spruce budworm populations and estimating defoliation in eastern Canada. Can. For. Serv. Info. Rep. O-X-306. 33 p.

SANDERS, C. J. 1988. Monitoring spruce budworm population density with sex Pheromone traps. Can. Ent. 120: 175-183.

SCHMITT, D. M., D. G. Grimble & J. L. Searcy. 1984. Spruce budworms handbook. Managing the spruce budworm in eastern North America. U.S.D.A. For. Serv. Agric. Handb. 620. 192 p.

SIPPELL, W.L. 1984. Planning how to reduce, postpone or prevent the next spruce budworm outbreak. P. 59-67 in 'Proc. Of symposium : New and Improved techniques for monitoring and evaluating spruce budworm populations'. USDA For. Serv. Northeastern For. Exp. Sta. Tech. Rep. NE 88.

SIPPELL. W.L. 1985. Hitorical records suggest a new international strategy of management for the spruce budworm in North America. p. 140-141 in 'Recent advances in spruce budworms research'. CJ Sanders, RW Stark, EJ Mullins and J. Murphy (Eds). Proc. CANUSA Symp., Bangor Me Sept 1984.

STEHR, G. 1969. On some concepts in the population biology of the spruce budworm. Ent. Soc. Ont. 99:54-56.

SU, Q. D. A. MacLean & T. D. Needham. 1996. The influence of hardwood content on balsam fir defoliation by spruce budworm. Can. J. For. Res. 26: 1620-1628.

SWAINE, J.M. 1922. The spruce budworm in Quebec Province. Quebec Society for the Protection of Plants Ann. Rep. 14 : 32-39.

THOMSON, H. M. 1958a. Some aspects of the epidemiology of a microsporidian parasite of the spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.). Can. J. Zool. 36:309-316.

THOMSON, H. M. 1958b. The effect of a microsporidian parasite on the development, reproduction, and mortality of the spruce budworm Choristoneura fumiferana (Clem.). Can. J. Zool. 36:499-511.

TOTHILL, J. D. 1919. Passing of the balsam budworm in N.B. Shall we have another outbreak? Damage may be prevented by allowing no solid stands of fir. Can. For. J. 15:306-307.

TOTHILL, J.D. 1924. Notes on the outbreaks of spruce budworm, forest tent caterpillar and larch sawfly in New Brunswick. Proc. Acadian Entomol. Soc. 8 : 172-182.

TURCHIN, P. B. 1990. Rarity of density dependence or population regulation with lags? Nature 344:660-663.

VAN FRANKENHUYZEN, K. & N. J. Payne. 1993. Theoretical optimization of Bacillus thuringiensis Berliner for control of the eastern spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae): estimates of lethal and sublethal dose requirements, product potency, and effective droplet sizes. Can. Entomol. 125: 473-478.

VOLNEY, W.J.A. 1985. Comparative population biologies of North American spruce budworms. p. 71-84 in 'Recent advances in spruce budworms research'. CJ Sanders, RW Stark, EJ Mullins and J. Murphy (Eds). Proc. CANUSA Symp., Bangor Me Sept 1984.

WILLIAMS, D. W. & A. M. Leibhold. 2000a. Spatial synchrony of spruce budworm outbreaks in eastern North America. Ecology 81: 2753-2766.

WILLIAMS, D.W. & A.M. LieBHOLD. 2000b. Spatial scale and the detection of density dependence in spruce budworm outbreaks in eastern north america. oecologia 124: 544-552.

YOU, M. & S. M. Smith. 1990. Simulated management of an historical spruce budworm population using inundative parasite release. Can. Ent. 122: 1167-1176.

État des connaissances

Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Éric Bauce, ing.f., Ph.D.

Faculté de foresterie et de géomatique
Université Laval

Note : Ce texte a été préparé conjointement avec Nathalie Carisey, Ph.D. et Alain Dupont , ing.f., M.Sc.
Société de protection des forêts contres les insectes et maladies

Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Résumé

Les processus d'interactions entre les insectes phytophages et leurs plantes hôtes sont très diversifiés et parfois complexes. Ces processus permettent aux insectes de prospérer dans leur environnement. Cependant, ces mêmes processus peuvent aussi être utilisés à leur détriment lorsque leurs activités entrent en conflit avec nos intérêts économiques. Par exemple, la compréhension des processus reliés à l'alimentation des insectes peut contribuer à maximiser l'efficacité des programmes d'arrosage aérien au *B.t.k.* (*Bacillus thuringiensis* ssp. *Kurstaki*), tout en minimisant les coûts. De plus, cette compréhension permet d'établir de quelle façon des outils de lutte sylvicole peuvent être utilisés pour maximiser la résistance des peuplements à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* Clem., (TBE).

La résistance des plantes aux insectes

La résistance d'une plante à un insecte possède deux composantes qui sont l'antibiose et la tolérance. L'antibiose fait référence aux effets négatifs que la plante peut exercer sur l'insecte. Par ses caractéristiques mécaniques (épines, dureté du feuillage, etc.), phénologiques et chimiques, la plante peut nuire à la réalisation des performances biologiques de l'insecte. La tolérance, pour sa part, fait référence à la capacité de la plante à supporter les dégâts engendrés par l'insecte. Dans le cadre des relations alimentaires entre les insectes défoliateurs comme la TBE et leurs plantes hôtes comme le sapin baumier, l'antibiose est principalement dictée par les variations de composition chimique du feuillage alors que la tolérance est dictée par la quantité de feuillage produit. La relation entre la quantité de feuillage produit et la tolérance est un élément déterminant pour la résistance d'un arbre à un défoliateur, car ce n'est pas nécessairement la quantité de feuillage prélevée par l'insecte qui importe, mais plutôt la quantité de feuillage qu'il reste à l'arbre pour effectuer sa photosynthèse après le passage de l'insecte.

Rôle écologique de la TBE vs alimentation

Les relations entre l'alimentation de la TBE et ses hôtes ont une part importante à jouer dans le rôle écologique de cet insecte. En effet, l'insecte rajeunit les peuplements matures et surannés en causant de fortes mortalités chez les arbres matures tout en épargnant, du moins en partie, les jeunes arbres qui profitent ainsi de l'ouverture du couvert forestier et de l'augmentation des ressources mises à leur disposition. Même si le feuillage des jeunes arbres a une plus grande valeur nutritive, il contient des composés chimiques répulsifs (monoterpènes) qui réduisent l'ingestion de feuillage par l'insecte (et, par conséquent, réduction de sa croissance) de même que des composés (tannins) qui augmentent la mortalité larvaire. De plus, les jeunes arbres produisent plus de feuillage par unité de longueur de branche que les arbres matures. Le tout se traduit par une plus forte résistance des jeunes arbres à la TBE comparativement aux arbres matures, qui, compte tenu de leurs besoins supérieurs en respiration et maintien, ne peuvent se permettre d'allouer suffisamment de ressources pour leur protection chimique (tannins, terpènes) contre l'insecte.

Relations TBE-alimentation-*B.t.*

De nombreux facteurs sont aptes à interférer sur l'alimentation et les performances de la TBE. Par exemple, les défoliations antérieures, la floraison, l'espèce hôte, le drainage du site, les stress hydriques, etc. affectent de façon significative la croissance et le développement de l'insecte. Compte tenu que l'insecticide biologique *B.t.* est un produit qui doit être ingéré par l'insecte et qu'il agit directement sur son système digestif, il y a lieu de se demander si, d'une part, la qualité du substrat alimentaire ingéré avec le produit interagit avec celui-ci et, d'autre part, si les facteurs du milieu, aptes à influencer les performances alimentaires de l'insecte, influencent de façon indirecte l'efficacité du produit.

Pour tester ces hypothèses, nous avons effectué une série d'expériences en laboratoire sur nourriture artificielle de même qu'une panoplie de tests sur le terrain.

Résultats de laboratoire

Les résultats de laboratoire ont montré qu'il existe de très fortes interactions entre le *B.t.* et la qualité nutritive

du substrat alimentaire consommé par les larves de TBE. Ainsi, selon la qualité de la nourriture, les effets du produit sur la mortalité larvaire, les doses de *B.t.* ingérées et les effets sublétaux (développement et fécondité des larves résistantes) sont très variables. D'autre part, le gain d'efficacité escomptable suite à une augmentation de la concentration de *B.t.* utilisé dépend directement de la qualité de la nourriture offerte aux larves.

Par exemple, à qualité nutritive moyenne, l'utilisation d'une formulation de Foray 48B à forte potentialité (60 BIU/ha) entraînera une plus forte mortalité larvaire qu'à 30 BIU/ha. Toutefois, à qualité nutritive faible ou élevée, la mortalité larvaire sera la même que l'on utilise une formulation à 30 ou 60 BIU/ha. Dans l'ensemble, c'est à qualité nutritive moyenne que le *B.t.* a la plus forte efficacité sur la TBE. À haute qualité de nourriture, les larves sont plutôt résistantes au produit. À faible qualité, les mortalités larvaires sont très élevées, mais elles sont surtout causées par la nourriture; le *B.t.* peut cependant permettre de devancer l'expression de cette mortalité et ainsi assurer une bonne protection du feuillage.

Résultats de terrain

Floraison vs B.t.

Les résultats des travaux de terrain ont confirmé ceux obtenus en laboratoire. En 1998, nous avons étudié les interactions entre l'efficacité des arrosages au *B.t.* et le phénomène de floraison chez le sapin baumier. La production de fleurs mâles a de forts impacts sur l'alimentation des larves de TBE. Les fleurs mâles offrent, deux semaines avant le débourrement des bourgeons végétatifs, une nourriture à très haute valeur nutritive aux jeunes larves de TBE qui viennent tout juste de sortir de leur diapause hivernale. Cette nourriture de qualité qui accélère le développement et la croissance de l'insecte est cependant disponible pendant une très courte période (quelques jours). De plus, la demande énergétique des fleurs se traduit par une faible production foliaire et un feuillage à qualité nutritive relativement basse. Dans un tel contexte, les résultats de terrain de 1998 combinés à ceux de 1995 (travaux préliminaires en période de forte floraison) ont montré qu'à des niveaux de 30 larves par branche de 45 cm une double application de *B.t.* espacée dans le temps d'au moins dix jours sera requise pour atteindre un objectif de protection de 50 % du feuillage annuel. Ce délai de 10 jours entre la première et la deuxième application de *B.t.* est important à respecter, car, compte tenu de la faible qualité foliaire, le temps d'arrêt d'alimentation des larves ayant résisté à la première application sera d'environ 8 jours. Notons à ce stade-ci que les larves qui résistent à une première application du produit sont plus vulnérables à celui-ci lorsqu'elles sont exposées une seconde fois.

En ce qui concerne les arbres ayant une forte floraison, un traitement hâtif effectué avant le débourrement des bourgeons végétatifs a peu d'effet sur la protection du feuillage. Cependant, sur les arbres sans fleurs, ce traitement semble avoir donné des résultats comparables à ceux d'un traitement plus tardif au moment de l'étalement des pousses. Bien que cette conclusion devra être confirmée par des travaux additionnels de terrain, elle pourrait permettre d'ouvrir de façon considérable la fenêtre temporelle des opérations d'arrosage aérien.

Défoliations antérieures vs B.t.

Les épisodes de défoliations antérieures se traduisent par de fortes diminutions de la qualité foliaire. Dans une situation de peuplement ayant déjà subi des défoliations réduisant la capacité photosynthétique des arbres hôtes d'au moins 50 %, les traitements au *B.t.* sont très efficaces. En effet, même avec des niveaux de population larvaire de 45 larves par branche de 45 cm, une seule application de Foray 48B est suffisante pour atteindre l'objectif de protection de 50 % du feuillage de l'année courante. De plus, les larves qui ne succombent ni au *B.t.* ni à la faible qualité de nourriture ont un pouvoir de défoliation réduit d'au moins 20 %. Ces résultats indiquent que, au fur et à mesure que l'épidémie progresse, les coûts d'arrosage à l'hectare pourraient diminuer. Notons qu'en début d'épidémie, lorsque les arbres sont en pleine santé, les doubles applications de *B.t.* seront souvent nécessaires, et l'utilisation de produit à forte potentialité sera inutile.

Épinette blanche vs sapin baumier vs B.t.

Les traitements au *B.t.* ont des effets fort différents selon l'espèce d'arbre visée. En effet, la mortalité induite par le produit au quatrième stade larvaire est beaucoup plus élevée sur le sapin que sur l'épinette blanche, même si la dose de produit acquise par les larves est plus élevée sur l'épinette que sur le sapin. Par contre, on observe, par la suite, une forte mortalité larvaire sur l'épinette, apparemment causée par la lignification rapide du feuillage de cette essence vers la fin du cinquième stade larvaire de l'insecte. Globalement, cette conjoncture se traduit par une défoliation finale équivalente entre les sapins et les épinettes blanches traités avec une

application de Foray 76B à 30 BIU/ha, et ceci quel que soit le moment de l'intervention (au moment de l'étalement des pousses du sapin ou de celles de l'épinette). En l'absence de traitement, les niveaux de défoliation sont plus élevés sur le sapin que sur l'épinette blanche, ce qui est en accord avec le fait que l'épinette blanche est reconnue pour être plus résistante à la TBE que le sapin.

Effets sublétaux du B.t.

Le *B.t.* n'a pas seulement que des effets létaux sur les larves de TBE. Ce produit entraîne aussi de forts effets sublétaux sur les larves qui ingèrent une dose sublétale de produit. Ainsi, ces larves ont des vitesses de développement inférieures de même qu'une fécondité réduite et souvent un nombre de stades larvaires supérieur par rapport aux larves non exposées au produit. D'autre part, leur progéniture possède moins de réserve énergétique pour produire l'antigel nécessaire pour passer l'hiver, et la mortalité des jeunes larves issues de parents ayant ingéré une dose sublétale de *B.t.* est plus élevée autant à l'automne que durant l'hiver. Notons ici que la résistance des larves qui ingèrent une dose sublétale de *B.t.* est principalement reliée à leur bagage génétique, car, dans l'ensemble, leur dose sublétale est supérieure à la dose létale ingérée par les larves qui succombent au produit. La qualité de l'alimentation interagit aussi avec les effets sublétaux du *B.t.* Par exemple, les effets du *B.t.* sur la fécondité des femelles sont plus forts lorsque les larves se développent sur des arbres ayant subi plusieurs années de défoliation comparativement aux arbres sains.

Lutte sylvicole (éclaircie)

Dans le but de contrecarrer les effets dévastateurs de la TBE sur la production ligneuse, nous avons entrepris, au début des années 90, un programme de recherche qui vise, à l'aide d'outils sylvicoles, la manipulation des mécanismes de résistance du sapin de façon à réduire les impacts de la TBE sur l'industrie forestière tout en respectant l'intégrité écologique du milieu.

Parmi les diverses approches sylvicoles potentielles permettant de manipuler les arbres et les peuplements de façon à accroître leur résistance à l'insecte, l'éclaircie a souvent été mentionnée. Toutefois, les résultats rapportés par les nombreux travaux empiriques effectués par le passé sur le sujet sont très contradictoires. Ainsi, selon les études, l'éclaircie peut augmenter, réduire ou n'avoir aucun impact sur les pertes ligneuses engendrées par la TBE. Nos résultats montrent que ces contradictions sont dues au fait que les effets de ce type de traitement, en plus d'évoluer dans le temps, sont aussi en relation avec l'âge des peuplements traités, le type de drainage du site et le moment, dans l'évolution épidémique de l'insecte, où le traitement est effectué (avant l'épidémie, durant la phase montante des populations, durant la phase descendante des populations).

L'année suivant l'éclaircie, on observe d'importants changements biochimiques à l'intérieur du feuillage. Ainsi, on note une baisse des monoterpènes dans le cas de l'éclaircie commerciale (réduction de la surface terrière de 25 % de peuplements âgés de 50 ans) et une baisse des tannins dans le cas de l'éclaircie précommerciale (réduction du nombre de tiges à 2 500 tiges à l'hectare de peuplements âgés de 15 ans). Ces modifications chimiques se traduisent par des effets positifs sur l'insecte (augmentation de l'ingestion de feuillage dans le cas de l'éclaircie commerciale et augmentation de la survie des larves dans le cas de l'éclaircie précommerciale) et par des défoliations massives et une baisse de résistance des arbres hôtes. Cependant, quelques années après le traitement (2 ans dans le cas de l'éclaircie commerciale et 3 ans dans le cas de l'éclaircie précommerciale), les arbres réagissent à l'éclaircie en augmentant considérablement leur production foliaire. Cette augmentation de production foliaire compense pour les effets positifs du traitement sur l'insecte, qui s'estompent graduellement avec les années, et se traduit par une résistance accrue des arbres hôtes à la TBE.

Selon les résultats obtenus, jusqu'à ce jour, cette résistance accrue se maintient durant plusieurs années. Dans le cas de l'éclaircie commerciale, la résistance induite par le traitement est à son maximum 5 ans après le traitement et elle est encore présente 8 ans après le traitement. Dans le cas de l'éclaircie précommerciale, la résistance accrue induite par le traitement est à son maximum 3 ans après le traitement et est encore présente 5 ans après l'intervention. La poursuite des travaux en cours devrait nous permettre de déterminer pendant combien de temps cette résistance se maintient. Il serait évidemment très avantageux si cette période de résistance accrue correspondait aux calendriers d'interventions sylvicoles ou à la durée d'une épidémie de TBE au niveau local.

L'éclaircie est un outil qui permet d'accroître la résistance des sapins à la TBE lorsque utilisé dans un cadre préventif avant le début de l'épidémie.

Cependant, l'utilisation de cet outil en période épidémique, et surtout en phase montante des populations, peut avoir des effets désastreux et contraires aux objectifs visés de protection si certaines précautions ne sont pas prises. Ainsi, durant la période de baisse de résistance qui prévaut pendant les quelques années qui suivent le traitement, une protection directe, à l'aide d'insecticide biologique comme le *B.t.*, doit être envisagée. Cette protection permettra au peuplement de passer à travers la phase de faible résistance pour lui permettre par la suite d'exprimer une résistance accrue à l'insecte. D'autre part, en période épidémique, les travaux d'éclaircie, s'ils sont entrepris, devraient être effectués après la période de ponte des papillons femelles de façon à éliminer une partie de la population de TBE présente dans le peuplement.

Conclusion

Les résultats obtenus à ce jour, dans le cadre de notre programme de recherche sur la lutte contre la TBE, montrent bien que la façon d'utiliser un outil de lutte est tout aussi importante que l'outil en tant que tel et que la gestion des ravageurs forestiers passe par une compréhension des processus biologiques impliqués et par l'utilisation harmonieuse d'un ensemble d'outils de lutte dans un cadre économique, social et environnemental de façon à réduire les impacts économiques des ravageurs tout en préservant leur fonction dans le milieu.

Remerciements

Ce programme de recherche sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette a été réalisé par le laboratoire d'entomologie forestière de l'Université Laval et financé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN), la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM), Le Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (Fonds FCAR) et par le Service canadien des forêts (SCF).

État des connaissances

L'effet de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le rendement des forêts

Jean-Pierre Saucier, ing.f., D.Sc.

Direction des inventaires forestiers
Ministère des Ressources naturelles

L'effet de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le rendement des forêts

Résumé

Lors des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), les essences sensibles ont subi une mortalité importante et aussi des pertes de croissance qui ont pu durer plusieurs années. Les tiges survivantes et les autres essences ont pu bénéficier de l'effet d'éclaircie causé par cette mortalité. La régénération des essences sensibles à la TBE permet leur maintien dans le couvert forestier. La composition du couvert forestier actuel est cependant différente de celui qui a nourri l'épidémie précédente.

Introduction

Les épidémies d'insectes, particulièrement celles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*), ont eu des effets marquants sur les forêts du Québec. Ces effets sont différents selon les régions et la composition des forêts. Il faut distinguer les effets à court terme sur les essences sensibles à la TBE et celui, parfois bénéfique, sur les essences non hôtes de la TBE dans les peuplements mélangés. La TBE fait partie de la dynamique forestière naturelle, et les essences sensibles y sont adaptées. Le couvert forestier qui résulte de l'épidémie est différent de celui qui l'a nourrie.

Effets à court et à long terme sur les arbres des essences sensibles à la TBE

Perte de croissance des arbres défoliés

Le premier effet de la TBE sur les essences sensibles est la réduction de croissance des individus défoliés. En se nourrissant des bourgeons, la larve de l'insecte empêche les arbres de renouveler leur feuillage. Il en résulte une réduction de la croissance, qui peut être plus ou moins rapide selon l'espèce. Il faut chercher dans la physiologie des arbres l'explication de ce phénomène. Chez le sapin baumier, les aiguilles de l'année courante, de un et de deux ans comptent pour 79 % de la photosynthèse totale (Clark 1961), tandis que celles de l'année courante jusqu'à 5 ans représentent 99 % de la photosynthèse totale. L'efficacité photosynthétique des aiguilles de l'épinette blanche diminue aussi avec leur âge, pour devenir presque nulle après 6 ans, mais, pour cette essence, les aiguilles de l'année courante, de un et de deux ans comptent pour 67 % de la photosynthèse.

Dans ces conditions, l'arbre défolié par la TBE aura moins de ressources et devra réduire sa croissance en hauteur et en diamètre. La réduction de croissance apparaît après 2 ans de défoliation grave pour le sapin et après 3 à 4 ans pour l'épinette blanche (Blais 1958). Cette réduction est surtout visible sur la croissance en hauteur, mais affecte aussi la croissance en diamètre (figure 1).

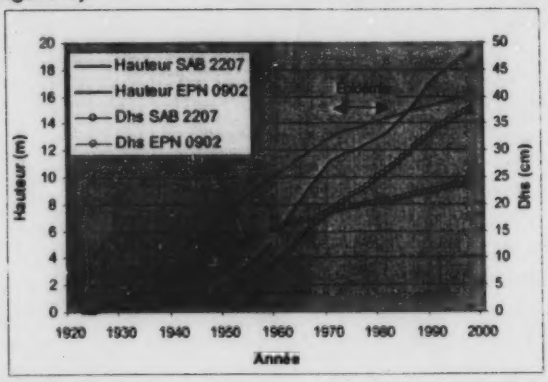


Figure 1 : Croissance en hauteur et en diamètre d'un sapin et d'une épinette noire de la région écologique 5a–Plaine de l'Abitibi.

D'ailleurs, Krause et Morin (1995) ont montré que la réduction de la largeur des cernes se produisait en premier dans la partie supérieure de la cime vivante de l'arbre et se déplaçait ensuite vers la base. Les tiges affectées changent donc de forme. Le sapin et l'épinette blanche ne sont pas les seules espèces affectées par la TBE. L'épinette noire (Krause et Morin, 1995) et vraisemblablement l'épinette rouge sont aussi affectées par des réductions de croissance (figure 1).

Mortalité et survie des essences hôtes

L'effet le plus marquant d'une épidémie de TBE, et le plus visible pour la population circulant en forêt, est la mortalité massive des essences hôtes. Lors de la dernière épidémie, on a pu voir d'immenses superficies dévastées avec des arbres aux cimes défoliées : c'est un spectacle désolant! La mortalité n'est cependant pas le premier signe de l'attaque de la TBE : elle est le résultat de plusieurs années successives de défoliation.

La mortalité des sapins baumiers défoliés se produit après 4 ou 5 ans de défoliation importante, tandis que le

délai est de 5 à 7 ans pour l'épinette blanche (Blais, 1985). Les arbres opprimés ou de statut social intermédiaire sont les premiers à mourir (Blais, 1985). Les arbres qui croissent sur des sites aux conditions écologiques extrêmes sont aussi plus vulnérables (Gagnon et Chabot, 1988). Le domaine bioclimatique (Archambault et Beaulieu, 1985) et l'altitude (Blais, 1985) ont aussi un effet sur la mortalité du sapin baumier.

En plus des facteurs de position sociale et de milieu, la physiologie de l'arbre entre en jeu. Les aiguilles de sapin baumier et d'épinette blanche vivent jusqu'à 8 ans, mais leur efficacité photosynthétique diminue avec l'âge et devient presque nulle après 6 ans. Cependant, la capacité de l'épinette blanche, plus que le sapin, à retenir ses aiguilles jusqu'à 12 ou 13 ans lorsqu'il est malade ou attaqué par un insecte (Clark, 1961) avec une certaine efficacité photosynthétique lui permet sans doute de survivre mieux aux défoliations par la TBE. Même après la fin de l'épidémie, la mortalité se poursuit dans les 3 à 5 ans suivants (Blais, 1985). Les tiges qui survivent à l'épidémie le doivent à leur capacité de former des bourgeons adventifs ou à développer des bourgeons latents (Piene, 1989a).

Récupération des arbres survivants

Lors de la fin de l'épidémie, les arbres survivants entreprennent un processus de récupération. Ils doivent reconstituer leur feuillage et leurs réserves de substances nutritives et de défense. Les accroissements en diamètre et en hauteur du sapin peuvent prendre plus de 7 ans avant de revenir à la normale, même si le feuillage s'est totalement reconstitué après 5 ans (Piene, 1989b; Ostaff et MacLean, 1995). Les sapins baumiers (figure 1) et les épinettes blanches vont alors retrouver un taux de croissance similaire et même supérieur à celui qu'ils avaient avant l'épidémie. Chez l'épinette noire, le temps nécessaire à la récupération est moins documenté.

Baisse de qualité des tiges survivantes

En plus de la perte de croissance, les tiges survivantes vont souvent montrer des défauts de conformation de la cime. Une succession d'entre-nœuds très rapprochés avec des verticilles irréguliers marque souvent la hauteur de la flèche terminale qu'avaient les arbres survivants au début de l'épidémie. De plus, les arbres survivants sont souvent affectés par de la carie. Leur forme est aussi différente, comme le montrent les variations du rapport hauteur/diamètre.

Effets à court et à long terme sur les peuplements

Superficies affectées par la TBE

Les superficies affectées sont importantes. Une comparaison, par domaine bioclimatique, des superficies affectées par les épidémies d'insectes[1] (principalement la TBE) lors des trois programmes d'inventaire du MRN montre que leur proportion par rapport à la superficie forestière productive a beaucoup varié des années 70 aux années 90 (figure 2). Presque absentes lors du premier inventaire, les superficies perturbées par la TBE représentaient en moyenne 12 % du territoire lors du troisième inventaire. Dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau blanc de l'Est, là où elle est la plus forte, cette proportion a atteint 28 % au deuxième inventaire et 30 % lors du troisième. Ce sont les perturbations partielles qui occupent le plus de superficie (21 et 23 % respectivement). L'autre sous-domaine où cet effet est le plus marqué est celui de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest, avec respectivement 26 et 22 % au deuxième et troisième inventaire.

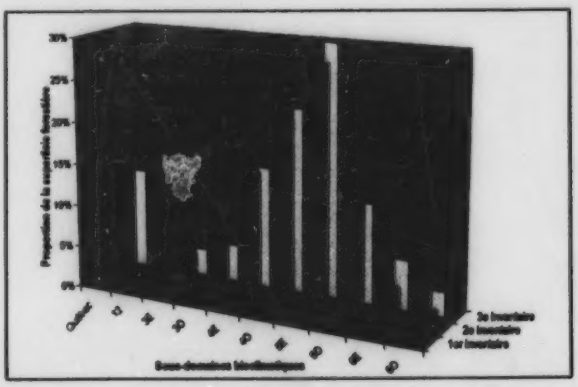


Figure 2 : Proportion du territoire perturbé par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (perturbations moyennes et graves) par sous-domaine bioclimatique[2].

1. Proportion du territoire perturbé, épidémies graves et moyennes n'ayant pas fait l'objet de coupes de récupération au moment de la cartographie forestière.

2. Sous-domaines : 12-Érablière à caryer cordiforme et érablière à tilleul; 3E-Érablière à bouleau jaune de l'Est; 3O-Érablière à bouleau jaune de l'Ouest; 4E-Sapinière à bouleau jaune de l'Est; 4O-Sapinière à bouleau jaune de l'Ouest; 5E-Sapinière à bouleau blanc de l'Est; 5O-Sapinière à bouleau blanc de l'Ouest; 6E-Pessière noire à mousses de l'Est; 6O- Pessière noire à mousses de l'Ouest.

Effet d'éclaircie dans les peuplements mélangés

La mortalité massive des tiges des espèces sensibles à la TBE modifie radicalement la structure et la composition des peuplements. Une étude de Blais (1985) dans la réserve faunique des Laurentides montre qu'en moyenne 54 % des tiges de sapin baumier de la classe de Dhp 10 cm et plus sont mortes en 12 ans d'épidémie. Pour l'épinette blanche du même territoire, ce taux était de 6 %. L'effet sur la composition du peuplement dépendra donc de sa structure et de sa composition. Pour une sapinière presque pure, cela signifie souvent la disparition du peuplement ou du moins sa transformation en peuplement très ouvert. Dans le cas des peuplements mélangés, l'effet peut être similaire à celui d'une éclaircie plus ou moins forte selon la proportion des essences sensibles. Il peut même être bénéfique pour les arbres survivants.

Dans un peuplement mélangé de bouleaux jaunes et de résineux par exemple, lorsque la croissance radiale des espèces sensibles à la TBE diminue en raison de leur défoliation, celle des autres espèces montre une augmentation synchrone (Saucier, 1997). Le principe de cet antagonisme est simple. Dans un peuplement mélangé normalement dense, les différentes espèces sont en compétition pour les ressources : l'eau, les éléments nutritifs, la lumière et l'espace.

Lorsque survient une épidémie d'insectes défoliateurs, qui s'attaque à une ou deux espèces de ce mélange, la croissance de celles-ci diminue ainsi que leur utilisation des ressources (figure 3). Comme elles font moins d'ombre, parce que leur feuillage est clairsemé, l'énergie lumineuse disponible est captée par les espèces non affectées par l'épidémie. Celles-ci peuvent ainsi augmenter leur croissance annuelle. Cette différence de croissance entre les espèces s'accentue encore si l'épidémie persiste et que certains arbres des espèces sensibles meurent. À la fin de l'épidémie, l'espace créé par la mortalité et les ressources ainsi rendues disponibles sont utilisés par les arbres survivants de toutes les espèces. Les survivants des espèces sensibles, après une période de reconstitution de leur feuillage, peuvent atteindre des niveaux de croissance supérieurs à ceux qu'ils avaient avant l'épidémie. Simultanément, à mesure que la compétition va se rétablir, la croissance des arbres des espèces non attaquées va revenir à un niveau semblable à celui d'avant l'épidémie.

L'effet global sur le rendement des forêts, même s'il est négatif à court terme en raison de la mortalité, peut s'avérer moins dramatique à moyen et long terme à cause de la réaction des arbres survivants et des autres espèces à utiliser les ressources disponibles pour leur croissance.

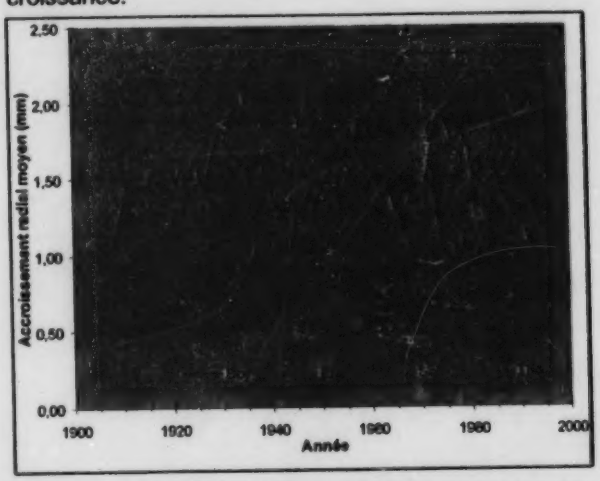


Figure 3 : Accroissement radial moyen selon la date dans les peuplements mélangés à bouleaux jaunes de la région écologique 4b-Coteaux du réservoir Cabonga (tiré de Saucier, 1997).

Renouvellement de la forêt et contrôle de la proportion de sapins dans les peuplements

Les épidémies de TBE servent de moteur à la dynamique forestière dans les domaines de la sapinière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau blanc. En plus de l'effet d'éclaircie qui peut s'avérer positif pour les tiges survivantes et les espèces non hôtes, les épidémies permettent aux peuplements de sapins de se renouveler.

La stratégie de régénération des sapinières, qui disposent de banques de semis en sous-étage, assure le remplacement après l'épidémie des peuplements vieillissants, souvent en décroissance, par des peuplements jeunes et vigoureux (Morin, 1994; Déry et *al.*, 2000). La proportion d'espèces compagnes, souvent des feuillus, est généralement supérieure à ce qu'elle était avant l'épidémie (Déry et *al.*, 2000). Dans le domaine de la pessière noire à mousses, les épidémies de TBE peuvent servir de frein à l'envahissement du sapin à la suite des perturbations anthropiques et permettre ainsi de rétablir la proportion entre cette essence et l'épinette noire.

La composition forestière à la veille d'une épidémie

L'intensité, la durée et la virulence d'une épidémie de TBE sont fonction de plusieurs facteurs, dont la disponibilité de nourriture pour l'insecte. Alors que l'on se prépare peut-être à revivre une épidémie de TBE, la composition de la forêt du Québec diffère de celle qui prévalait au début de la dernière épidémie. En effet, les sapinières, qui représentaient globalement environ 14 % de la superficie forestière lors du premier inventaire décennal, ne comptent plus que pour 6 % (figure 4). Dans les domaines de la sapinière à bouleau blanc de l'Est et de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, ces proportions étaient respectivement de 48 et 30 % lors du premier inventaire et représentent maintenant environ 30 et 12 %.

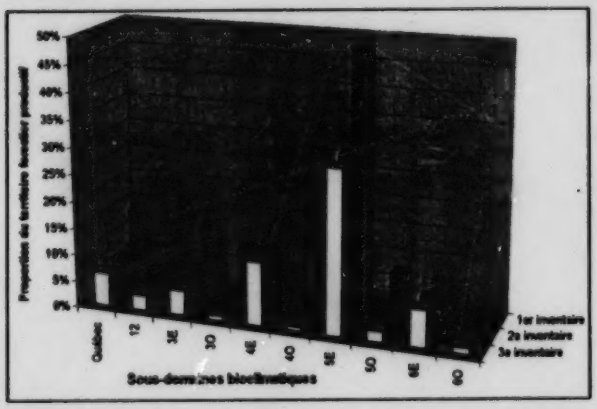


Figure 4 : Proportion en superficie des sapinières par sous-domaine bioclimatique.

Bien que la TBE soit une des causes majeures de la réduction de superficie des sapinières, ces différences marquées ne peuvent pas lui être imputées totalement. La récolte forestière a ciblé aussi les peuplements résineux mûrs, notamment les sapinières. Cette diminution de la proportion des sapinières dans le paysage s'observe partout au Québec. On remarque cependant que dans certains sous-domaines, notamment dans celui de la sapinière à bouleau blanc de l'Est avec 30 % du couvert forestier, les sapinières sont encore un élément important du paysage.

La diminution de superficie des peuplements dominés par les essences qui constituent le garde-manger de prédilection de la TBE ne signifie pas que celles-ci ont disparu de la forêt québécoise. En effet, le volume sur pied du sapin et de l'épinette blanche n'a presque pas diminué, passant globalement de 19,0 à 17,7 % du premier inventaire au troisième (figure 5). Les diminutions les plus marquées, environ 6,5 %, se sont produites dans les sous-domaines de la sapinière à bouleau blanc de l'Est et de la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Force est de constater que les essences sensibles à la TBE ne se présentent plus en peuplements purs sur de vastes étendues, mais sont disséminées en mélange avec d'autres essences, principalement des feuillus. Ceci pourrait entraîner un comportement de la prochaine épidémie qui soit bien différent de celui de la précédente. Non seulement la nourriture disponible pour la TBE est un peu moins abondante qu'au début de la dernière épidémie, elle est aussi disséminée sur le territoire. Les peuplements d'espèces non hôtes pourraient jouer le rôle de barrière et ralentir la progression de l'insecte. L'effet sur le rendement global des forêts serait probablement moindre que ce qui a été observé dans les années 70 et 80.

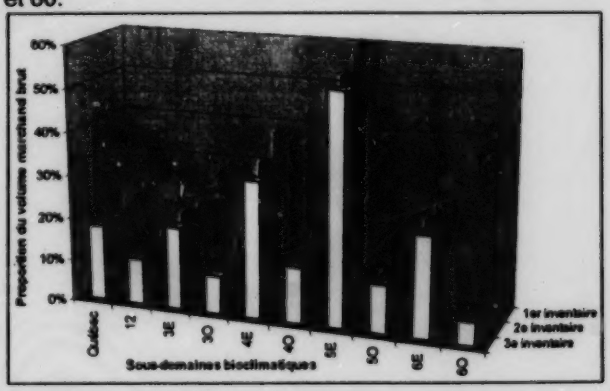


Figure 5 : Proportion en volume des essences hôtes de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (sapin baumier et épinette blanche) par sous-domaine bioclimatique.

Conclusion

Une épidémie de TBE affecte le rendement des forêts de diverses façons : d'abord en réduisant la croissance des arbres attaqués, puis, si elle perdure, en causant la mortalité d'un grand nombre d'entre eux. Il en résulte alors des peuplements moins denses. Cet effet d'éclaircie peut être bénéfique dans les peuplements mélangés où la proportion des essences sensibles à la TBE n'est pas trop forte. À la veille d'une probable épidémie de TBE, la composition de la forêt du Québec est différente de ce qu'elle était lors de la précédente. Les volumes de sapin et d'épinette blanche sont en mélange avec des feuillus ou encore dispersés dans le paysage. Il en résultera sûrement un comportement de l'épidémie et un effet sur le rendement différents de ce qui a été observé précédemment.

Références

ARCHAMBAULT, L. et BEAULIEU, J. (1985). Réduction de croissance en volume occasionnée au sapin baumier, suite à la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Forestry Chronicle, Février 1985, 10-13.

BLAIS, J. R. (1985). Répercussion des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le sapin baumier et l'épinette blanche dans la réserve des Laurentides (Rapport d'étape). Rapport n° LAU-X-68F, Service canadien des forêts, Centre de recherches forestières des Laurentides, Sainte-Foy, Québec, 16 p.

CLARK, J. (1961). Photosynthesis and respiration in white spruce and balsam fir. Report n° 85, State University College of Forestry, Syracuse, New-York, 72 p.

DÉRY, S., BÉLANGER, L., MARCHAND, S. et CÔTÉ, S. (2000). Succession après épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana) dans des sapinières boréales pluviales de seconde venue. Can. J. For. Res., 30:801-816.

GAGNON R., et CHABOT, M. (1988). Un système d'évaluation de la vulnérabilité des peuplements à la tordeuse des bourgeons de l'épinette : ses fondements, son implantation et son utilisation en aménagement forestier. L'Aubelle, Octobre-Novembre 1988, 7-14.

KRAUSE, C., et MORIN, H. (1995). Impact of spruce budworm defoliation on the number of latewood tracheids in balsam fir and black spruce. Can. J. For. Res., 25: 2029-2034.

MORIN, H. (1994). Dynamics of balsam fir forest in relation to spruce budworm outbreaks in the Boreal Zone of Quebec. Can. J. For. Res., 24, 730-741.

OSTAFF, D. P., et MACLEAN, D. A. (1995). Patterns of balsam fir foliar production and growth in relation to defoliation by spruce budworm. Can. J. For. Res., 25: 1128-1136.

PIENE, H. (1989a). Spruce budworm defoliation and growth loss in young balsam fir: recovery of growth in spaced stands. Can. J. For. Res., 19: 1616-1624.

PIENE, H. (1989b). Spruce budworm defoliation and growth loss in young balsam fir: defoliation in spaced and unspaced stands and individual tree survival. Can. J. For. Res., 19: 1211-1217.

SAUCIER, J.-P. (1997). Modélisation de l'accroissement radial des quatre principales essences des peuplements mélangés de bouleau jaune et de résineux soumis à des perturbations naturelles (Québec). Thèse de doctorat, ENGREF, Laboratoire de recherche en Sciences forestières, Nancy, France, 206 p.

État des connaissances

La lutte directe contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, un art et une science

Alain Dupont, ing.f., M.Sc.

Société de protection des forêts contre les insectes et maladies

La lutte directe contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, un art et une science

Selon le contexte forestier actuel, et en dépit des interventions préventives déployées en forêt, le recours aux pulvérisations aériennes d'insecticide biologique (*B.t.*) contre la tordeuse, en période épidémique, semble inévitable. Le monde de la lutte directe demeure relativement vaste; c'est pourquoi nous ne ferons qu'un survol des principaux éléments permettant aux gestionnaires de cerner l'ensemble du processus ainsi que la problématique et les contraintes associées à ce type d'intervention sur leur territoire. Ces derniers devront se questionner sur l'intégration et la complémentarité de l'outil lutte, en considérant les autres moyens disponibles pour minimiser les pertes attribuables à la tordeuse.

Les intervenants

La préparation des programmes de lutte requiert diverses informations, de même que la collaboration de nombreux intervenants. Ainsi, plusieurs groupes ou organismes ayant des rôles, des responsabilités et des préoccupations propres à leurs sphères d'activités gravitent autour de la lutte directe.

Le ministère des Ressources naturelles

Gestionnaire de la forêt publique et responsable de la détection des infestations, cet organisme définit les règles concernant les interventions forestières, tout en proposant des stratégies générales englobant les traitements préventifs et/ou curatifs. Les autorités gouvernementales approuvent les plans d'aménagement soumis par les industriels ainsi que les plans d'intervention présentés par la SOPFIM. La réalisation et/ou le financement de la recherche font également partie des mandats de cet organisme.

L'industrie forestière

En vertu du régime forestier actuel, les industriels forestiers participent activement à la protection des forêts contre la tordeuse. En plus de réaliser les travaux sylvicoles prévus aux plans d'aménagement et la récupération des bois affectés par l'insecte, ces derniers investissent en protection directe et dans le domaine de la recherche.

Organismes en forêt privée

En forêt privée, des plans régionaux de protection et de mise en valeur sont élaborés par les agences, tandis que les organismes de gestion en commun conseillent ou réalisent les travaux sylvicoles requis. Les syndicats et offices des producteurs de bois veillent aux intérêts de leurs membres, et la protection directe n'échappe pas aux préoccupations de ces intervenants.

La Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM)

Gérée par ces trois premiers intervenants réunis sous un conseil d'administration, la SOPFIM planifie et réalise les programmes de lutte. Elle œuvre avec ses différents partenaires à plusieurs projets de recherche et développement axés sur la lutte.

Le ministère de l'Environnement

En plus de veiller à la protection de l'environnement, ce ministère réglemente l'utilisation et la gestion des pesticides en milieu forestier. Il émet, après analyse du dossier, le certificat annuel d'intervention requis pour les interventions de lutte menées par la SOPFIM.

Ressources naturelles Canada

Par son réseau de centres de recherche, le Service canadien des forêts réalise des travaux de recherche et développement couvrant plusieurs facettes reliées à la tordeuse.

Réseau universitaire

Les établissements universitaires réalisent également des projets de recherche en protection des forêts contre la tordeuse, tout en participant activement à former la relève dans le domaine et à la formation continue des différents intervenants.

Agriculture et agroalimentaire Canada

Cet organisme fédéral réglemente l'homologation, la classification et l'étiquetage des pesticides.

Organismes municipaux

Les municipalités régionales de comtés et les conseils municipaux encadrent de plus en plus les interventions

forestières. Certaines municipalités réglementent même l'utilisation des pesticides sur leur territoire.

Autres utilisateurs

Les autres utilisateurs et la population en général font depuis longtemps connaître leurs inquiétudes face aux programmes de pulvérisation d'insecticides. Ces groupes sont en grande partie responsables de l'encadrement plus rigoureux des activités de lutte et de l'utilisation exclusive des produits biologiques contre la tordeuse.

Planification des interventions de lutte directe

Une campagne de lutte contre la tordeuse se planifie en deux temps, soit la planification générale et la planification annuelle.

Planification générale

La planification générale ou quinquennale a pour buts la délimitation des aires admissibles à la protection ainsi que la configuration et la validation des secteurs d'intervention retenus.

Critères de sélection des peuplements vulnérables à la tordeuse

- Volume en sapin baumier et épinette blanche ≥ 38 % ;
- Classes d'âge ≥ 30 ans ;
- Classes de pente < 40 % ;
- Densité du couvert > 40 % ;
- Classes de hauteur > 7 mètres ;
- Cas particuliers (éclaircies, vergers à graines, etc).

Critères de configuration des secteurs d'intervention

Le regroupement des peuplements vulnérables en massifs ≥ à 150 ha pouvant éventuellement faire l'objet d'une protection constitue l'étape de configuration des secteurs d'intervention, lesquels seront numérisés et reliés à une base de données historiques mise à jour annuellement. Plusieurs intervenants se questionnent sur la pertinence de cette superficie minimale en raison du morcellement de la forêt résineuse, tant en forêt privée que publique. En théorie, un secteur d'intervention peut contenir un ratio de 50 % en peuplements non vulnérables, mais, en pratique, on observe un découpage de plus en plus axé sur les peuplements dominés par le sapin baumier.

Validation des secteurs d'intervention

La dernière étape du processus de planification générale consiste à valider les secteurs d'intervention retenus, en collaboration avec les intervenants régionaux. Le résultat des travaux est remis sous forme cartographique au MRN ainsi qu'aux industriels concernés. Selon les critères actuels, l'exercice révisé en décembre 2000 totalise environ 1,8 million d'hectares admissibles à la protection directe en forêt publique (tableau 1). Toutefois, si l'aire minimale éligible était réduite à 100 ha, on devrait ajouter quelque 60 000 ha répartis en 485 secteurs supplémentaires. Dans cette même orientation, 135 000 ha divisés en 1 538 nouveaux secteurs s'additionnent lorsque la superficie minimale d'intervention passe à 50 ha. En forêt privée, aucun résultat n'est disponible, car cette planification est en cours.

Planification annuelle

La Direction de la conservation des forêts (MRN) réalise annuellement un suivi entomologique à l'intérieur d'un réseau extensif de surveillance, lequel est complété au besoin par un inventaire aérien de la défoliation annuelle. Lorsque la tordeuse se manifeste de façon significative, des relevés plus intensifs sont réalisés dès l'automne par la SOPFIM. L'inventaire des larves en hibernation (L_2) permet de prédire les niveaux d'infestation anticipés pour l'année suivante. Sur la base de ces résultats, le ministre des Ressources naturelles demande à la SOPFIM de préparer un plan d'intervention, s'il y a lieu.

Mise à jour des secteurs d'intervention

Cette activité vise à actualiser les informations relatives aux secteurs cibles par la numérisation des interventions de récolte récentes, des prévisions de coupe (5 ans), des perturbations majeures, de la mortalité, du réseau routier et des travaux sylvicoles. La qualité de cette mise à jour demeure tributaire de la précision des renseignements fournis par les divers intervenants. En ce sens, les peuplements prévus en récolte dans un horizon de 5 ans devraient être exclus des secteurs d'intervention, tout comme les zones où la mortalité excède 50 % du volume total. Cependant, les modifications aux plans quinquennaux et la mise en œuvre de plans spéciaux en période épidémique requièrent une validation annuelle quant à l'exclusion des prévisions de coupe.

Préparation du programme de lutte

Les prescriptions de traitement, actuellement en révision, s'établissent en fonction de l'état de santé des peuplements et des populations de tordeuses appréhendées :

- 1 application d'insecticide :
  - forêts saines avec populations modérées à extrêmes ;
  - forêts affectées avec populations légères à modérées ;
- 2 applications d'insecticide :
  - forêts affectées avec populations modérées à extrêmes ;
  - regroupement de forêts saines et affectées avec populations élevées à extrêmes.

Comme suite aux prescriptions de traitement, la configuration des blocs d'arrosage s'effectue en respectant les critères de lutte et en retranchant les zones à sensibilité environnementale. Le plan d'intervention est validé avec les intervenants régionaux (industriels, MRN) et soumis au ministre. Après approbation, la SOPFIM prépare une demande annuelle de certificat d'autorisation auprès du ministère de l'Environnement.

La préparation du programme de lutte comprend plusieurs activités additionnelles dont la localisation des bases d'opération, les appels d'offres pour les aéronefs et le *B.t.*, la préparation des missions d'arrosage, la planification du réseau d'échantillonnage, la mise à jour du plan d'urgence ainsi que la mise en place d'un programme d'information du public.

Réalisation du programme de lutte

Le cheminement d'un programme de lutte nécessite la réalisation de nombreuses activités effectuées avant, pendant et après les pulvérisations.

Activités réalisées avant les pulvérisations

Dès réception des produits, la SOPFIM effectue un contrôle de qualité des formulations de *B.t.*, afin de s'assurer qu'elles sont conformes à l'étiquette et exemptes de microcontaminants. Pendant cette même période, on procède à l'établissement des bases d'opération et des laboratoires de campagne. Des survols de reconnaissance se réalisent pour valider les plans d'envolée et noter tout changement survenu depuis la mise à jour des secteurs d'intervention. Les stades de développement de l'insecte et de la pousse du sapin sont déterminés par des relevés ponctuels dans les blocs à traiter. L'inventaire prétraitement s'effectue dans un intervalle maximal de trois jours avant la première pulvérisation, afin de connaître la densité larvaire et le niveau de défoliation annuelle.

Activités réalisées pendant les pulvérisations

L'efficacité des traitements repose sur la synchronisation des pulvérisations avec l'étalement de la pousse du sapin et le développement de l'insecte. Des relevés ponctuels couplés à l'utilisation d'un modèle de prédiction du développement saisonnier de la tordeuse (BIOSIM, Régnière et *al.* 1996) permettent de gérer les applications d'insecticide sur un vaste territoire.

L'application d'insecticide requiert un environnement très particulier : des vents faibles, une humidité relative suffisante et l'absence de précipitations. Ces exigences sont réunies généralement tôt le matin et en début de soirée. Un suivi météorologique continuel ainsi que les observations par des contrôleurs aériens permettent de s'assurer que les conditions sont propices aux pulvérisations.

Pendant toute la durée d'un programme de lutte, des équipes sillonnent les secteurs d'intervention pour effectuer des observations ou des relevés relatifs au dépôt d'insecticide, à l'évaluation de l'efficacité des traitements, à la surveillance et aux suivis environnementaux.

Activités réalisées après les pulvérisations

L'analyse des relevés réalisés en marge des pulvérisations permet d'évaluer la mortalité larvaire et la protection du feuillage attribuables aux traitements. L'objectif de protection est atteint lorsque la défoliation annuelle est ≤ 50 %. À la fin de la période d'alimentation de l'insecte, la Direction de la conservation des forêts effectue un inventaire aérien de la défoliation annuelle permettant d'évaluer l'efficacité globale du programme de lutte. L'atteinte de l'objectif précédemment cité, sur au moins 70 % de la superficie traitée, représente le critère de réussite pour le MRN. Les informations et les résultats sont ensuite colligés par la SOPFIM sous forme de rapport annuel.

Optimisation des interventions

La nature et l'importance des impacts appréhendés conditionnent le processus décisionnel vers une multitude de compromis visant à optimiser le rendement des interventions de lutte. Ainsi, les objectifs de protection dictent le niveau d'efficacité recherché, lequel influence le choix des stratégies de protection annuelles, la logistique, les coûts du programme et ainsi de suite.

Depuis 1993, la SOPFIM réalise des projets de R & D avec différents partenaires (Université Laval, SCF, MRN), dans le but d'atteindre les objectifs de protection au plus bas coût possible. Ces travaux ont jusqu'à maintenant permis de concilier efficacité, logistique, coûts et stratégies d'intervention annuelles.

Cependant, de nombreux facteurs hors de notre contrôle peuvent avoir des effets significatifs sur l'efficience des programmes de protection futurs. En effet, les fluctuations des budgets annuels consentis pour la lutte, le contexte du marché des produits forestiers, les conditions météorologiques, la concurrence entre les fournisseurs d'insecticides et d'aéronefs ainsi que les modifications fréquentes des plans d'aménagement auront des répercussions sur l'ensemble du processus.

Contraintes liées aux opérations

Les contraintes opérationnelles observées lors de l'épidémie antérieure étaient nombreuses. Cependant, l'amélioration des connaissances forestières et entomologiques de même que le développement des technologies mieux adaptées à la nature des travaux ont permis d'en réduire le nombre et leurs inconvénients. Toutefois, certaines contraintes demeurent tandis que d'autres s'ajoutent en fonction d'un nouveau contexte.

Ampleur et morcellement des aires à traiter

En raison de la fenêtre d'intervention très étroite, la distribution provinciale et l'augmentation du morcellement des sapinières constituent les principales contraintes à la réalisation annuelle des programmes de lutte. Le morcellement accru provient entre autres du découpage très fin des secteurs d'intervention et de la réduction des assiettes de coupe. À titre d'exemple, l'extrémité de la péninsule gaspésienne comportait 45 blocs d'arrosage en 1983 comparativement à 110 en 1990.

Au cours des dix dernières années, la grande variation de l'ampleur des interventions a freiné l'implantation d'une industrie des pulvérisations aériennes solide, fiable et profitable pour les principaux intéressés.

Comme par le passé, il est possible que, sur une base annuelle, l'ensemble des secteurs nécessitant une protection ne puissent être traités pour diverses raisons. Ce problème logistique peut survenir lors d'une réduction des budgets alloués, de conditions météorologiques défavorables ou lorsque la flotte d'aéronefs disponibles est réduite en raison de la compétition avec les autres provinces.

Afin de faciliter les choix en période critique, les gestionnaires régionaux devraient au préalable établir des priorités de protection sur leur territoire. La SOPFIM, pour sa part, travaille actuellement à élargir sa plage d'intervention par divers moyens. De plus, le suivi des dommages cumulatifs et des populations anticipées dans chaque secteur d'intervention permettra d'établir un ordre de priorité d'arrosage sur une base annuelle.

Fenêtre d'intervention limitée

Dans une région donnée, la SOPFIM dispose d'environ 20 jours, à raison d'une heure d'arrosage par jour, pour procéder aux pulvérisations aériennes contre la tordeuse. Le morcellement du territoire et la réduction de la superficie des secteurs d'intervention ont des impacts significatifs sur la productivité des aéronefs, sur la logistique des travaux et par le fait même sur les coûts des programmes de lutte.

Même si on prévoit utiliser le maximum d'aéronefs disponibles, nous devons augmenter le temps effectif d'arrosage. Certaines solutions sont actuellement à l'étude, à savoir : la réalisation d'une première application plus hâtive en saison, les pulvérisations de nuit et l'utilisation des hélicoptères ainsi que des pistes de brousse pour minimiser la distance entre les bases d'opération et les blocs.

Stratégies d'intervention

Les stratégies d'intervention ont été adaptées selon les connaissances acquises, les budgets affectés aux programmes de lutte ainsi que l'ampleur et l'évolution de la dernière épidémie.

Historique des stratégies utilisées au Québec (Dorais 1992)

Le premier groupe de stratégies d'intervention visait à contrôler l'infestation :

- Réduire l'intensité de l'infestation avant l'apparition de la mortalité (1970-72) ;
- Éradiquer les foyers naissants (1971) ;
- Ralentir la progression de l'infestation (1973).

Les résultats obtenus en début d'épidémie ont permis de mettre en doute la théorie des épicentres. Les intervenants de l'époque se sont donc tournés vers la protection de la forêt plutôt que de poursuivre une stratégie de gestion des populations. Le nouvel objectif était de garder la forêt vivante en utilisant les stratégies suivantes :

- Protéger le feuillage annuel (1975-1984) ;
- Protéger le feuillage annuel des secteurs les plus vulnérables (1985-2001).

L'expérience acquise depuis les vingt dernières années nous amène à entrevoir l'utilisation de plusieurs stratégies de lutte mieux adaptées aux contextes forestier et socio-économique actuels. Il serait envisageable de concilier sur un même territoire diverses options dont la protection extensive, la protection soutenue et la protection intensive. À titre d'exemples :

- Minimiser la mortalité dans les massifs matures ou surannés devant être récoltés dans un intervalle de 6 à 10 ans, par une protection extensive (aux deux ans) ;
- Minimiser la mortalité et protéger partiellement la croissance dans les jeunes peuplements par une protection soutenue ;
- Minimiser la mortalité et protéger la croissance dans les peuplements aménagés par une protection intensive (hâtive).

Conclusion

Il existe actuellement deux orientations principales en lutte directe contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette : la gestion des populations et la protection du feuillage. Pour le gestionnaire, deux avenues stratégiques jusqu'à présent opposées se confrontent : la protection soutenue d'aires restreintes et la protection de la plus grande superficie possible.

Plusieurs combinaisons sont disponibles en tenant compte des particularités du territoire, des objectifs de production, des impacts appréhendés sur la possibilité, des investissements anticipés pour la protection et de la complémentarité des autres outils d'aménagement.

Pour minimiser les pertes lors de la prochaine épidémie, il faudra innover et maintenir des stratégies d'intervention adaptées à la ressource à protéger.

Références bibliographiques

DORAIS, L. 1992. Stratégies adoptées au Québec dans la conduite des programmes de lutte menés contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette de 1970 à 1992 dans Stratégie face à la tordeuse, Table ronde tenue par la SOPFIM le 12 novembre 1992, Québec.14p.

RÉGNIÈRE, J., B. Cooke and V. Bergeron. 1996. BIOSIM a computer-based decision support tool for seasonal planning of pest management activities. User's Manual. Can. For. Serv. Inf. Rep. LAU-X-155. 50 p.

Tableau 1 **Secteurs admissibles (≥ 150 ha) à la protection directe contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans les forêts publiques du Québec**

Région	Nb secteurs ≥ 30 ans	Aire (ha)	Aire moyenne ≥ 30 ans (ha)	Nb secteurs EPC	Aire (ha)	Aire moyenne EPC (ha)	Aire totale (ha)	%
01	168	291 280	1 734	1 262	16 508	13	307 788	17,5
02	342	350 840	1 026	6 059	53 164	9	404 004	23,0
03	187	148 117	792	2 329	16 891	7	165 008	9,4
04	89	39 370	442	1 189	10 925	9	50 295	2,8
05	1	223	223	19	107	6	330	< 0,1
06	25	12 530	501	966	9 374	10	21 904	1,2
07	4	2 124	531	424	2 902	7	5 026	0,3
08	6	1 661	277	173	3 085	17	4 746	0,3
09	380	379 965	1 000	3 068	24 538	8	404 503	23,0
11	275	345 371	1 256	1 700	50 971	30	396 342	22,5
	1 477	**1 571 481**	**1 064**	**17 189**	**188 465**	**11**	**1 759 946**	**100,0**

* Mise à jour : décembre 2000.

Panel de discussion

« Comment améliorer nos stratégies d'intervention? »

Animateur : Louis Dorais, ing.f., M.Sc.
Direction des inventaires forestiers
Ministère des Ressources naturelles

Bruno Boulet, ing.f., M.Sc.
Direction de la conservation des forêts
Ministère des Ressources naturelles

Michel Chabot, ing.f.
Direction de la conservation des forêts
Ministère des Ressources naturelles

Robert Chénard, tech.for.
Société de protection des forêts contre les insectes et maladies

Lévis Côté, ing.f.
Direction régionale du Bas-Saint-Laurent
Ministère des Ressources naturelles

Jean-François Desbiens, ing.f.
Kruger inc.,
Scierie Parent

Denis Villeneuve, ing.f.
Syndicat de producteurs de bois
de la région de Québec

FAITS SAILLANTS DU PANEL DE DISCUSSION

Avertissement au lecteur

Les pages qui suivent se veulent un résumé des discussions tenues lors du panel dont l'objectif était de répondre à la question « Comment améliorer nos stratégies d'intervention? ». Ce résumé a été préparé à partir d'un enregistrement. Le panel était animé par Louis Dorais, ing.f., M.Sc., chef du Service de l'acquisition et de la gestion des informations forestières au MRN.

M. Dorais a effectué une mise en contexte avant de céder la parole aux membres du panel et puis à l'assistance.

Pour agrémenter la lecture de ce résumé, les différents éléments abordés lors des discussions ont été regroupés par thème et non nécessairement selon un ordre séquentiel. Enfin, certaines interventions n'ont pas été intégrées lorsqu'elles ne contribuaient pas à répondre à la question soulevée.

Le lecteur pourra constater que le langage des participants a été respecté dans la mesure du possible.

Objectif

L'objectif du panel de discussion vise à rappeler aux participants l'ensemble des outils disponibles, en période épidémique et endémique, dans les stratégies d'aménagement forestier.

À partir des connaissances et des nouveaux outils présentés lors des conférences, les discussions entre les membres du panel et les participants peuvent permettre de vérifier comment les aménagistes sont capables d'intégrer ceux-ci à leur stratégie d'aménagement.

Mise en contexte

Rôles et responsabilités en matière de...

...détection En période endémique, c'est la Direction de la conservation des forêts (DCF) du ministère des Ressources naturelles (MRN) et ses directions régionales qui sont responsables de tous les aspects de la détection et du monitorage.

...prévention Les aménagistes forestiers, tant sur forêts publiques que sur forêts privées, ont à intégrer des pratiques sylvicoles qui tendent à minimiser l'impact à venir de la TBE.

Le MRN sensibilise à la prévention dans les plans d'aménagement.

...lutte La SOPFIM détermine les superficies éligibles aux pulvérisations. En période épidémique, c'est elle qui élabore le plan d'intervention et le présente au MRN. Elle réalise l'opération une fois le plan approuvé par ce dernier.

La SOPFIM s'occupe du volet technique relatif aux pulvérisations d'insecticide biologique.

...recherche Le MRN par sa DCF ou sa Direction de la recherche forestière travaille à l'acquisition des connaissances sur l'insecte et les approches sylvicoles.

Le Service canadien des forêts, par son Centre de foresterie des Laurentides, la SOPFIM et les différentes universités participent à plusieurs volets d'acquisition de connaissances sur l'insecte et au développement d'outils de gestion des épidémies.

Faits historiques à retenir sur la...

...détection Au début de la dernière épidémie, il n'existait pas de système de détection et de monitorage de la tordeuse, ce qui ne facilitait pas l'organisation de la lutte. À la fin des années 80, un réseau de stations permanentes a été mis en place par la DCF pour suivre les insectes et maladies en milieu forestier sur l'ensemble du territoire québécois.

Lors de la dernière épidémie, les relevés aériens réalisés pour circonscrire les zones de peuplements morts étaient peu précis et englobaient de grands territoires. Au cours des années 80, les méthodes d'observation (survols en hélicoptère) et la technologie (utilisation de la télédétection) se sont améliorées, permettant d'obtenir de plus amples précisions sur l'étendue et la gravité de la mortalité et, ainsi, de mieux orienter les efforts de récupération et de lutte directe.

...stratégie d'aménagement appliquée en forêt publique Au début des années 70, les interventions de lutte étaient peu intégrées aux autres activités d'aménagement.

Depuis les années 80, d'importantes superficies sont reboisées, entre autres dans le but de diminuer la vulnérabilité de la forêt à la tordeuse.

Depuis 1987, avec l'adoption d'une nouvelle loi sur les forêts, les aménagistes qui signent des conventions d'approvisionnement et d'aménagement doivent inclure des moyens préventifs en matière de protection contre les insectes et les maladies dans leurs plans d'aménagement.

En 1991, le MRN publiait un guide sur la « prévention des pertes de bois attribuables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette » incluant une grille de vulnérabilité des peuplements à la tordeuse.

En 1994, le gouvernement du Québec adoptait une « stratégie de protection des forêts » qui est venue confirmer sa volonté de réduire l'utilisation de pesticides en milieu forestier (jusqu'à prendre l'engagement de cesser d'utiliser des pesticides chimiques en milieu forestier à compter de 2001) et de mettre l'emphase sur la prévention.

Au cours des années 90, l'effet bénéfique de l'éclaircie quant à l'augmentation de la résistance des arbres à la tordeuse a été démontré expérimentalement.

...récupération Au cours des années 70, on a observé trois vagues successives au cours desquelles la majeure partie de la mortalité causée par l'épidémie s'est produite. La récupération des bois morts s'est organisée tardivement au début de l'épidémie et a perturbé la planification des récoltes à l'époque. Par la suite, à partir des années 80, les programmes de récupération ont été mieux intégrés lors de la planification de la récolte. Ils ont alors permis de limiter de nouvelles pertes de bois.

En forêt privée, la récupération a été le moyen privilégié pour minimiser les pertes de bois. Deux principales raisons ont déterminé ce choix : (1) le morcellement des peuplements vulnérables augmentait excessivement les coûts de la lutte au moyen de pesticides et (2) la proximité du réseau routier facilitait l'accès et donc la récolte.

...lutte

À plusieurs reprises au début de l'épidémie, la lutte a visé à enrayer des foyers naissants. Devant l'insuccès, il a été décidé de privilégier la protection du feuillage de manière à sauvegarder des blocs de forêts pendant le passage de l'épidémie.

Au début des années 70, nous utilisions presque uniquement des produits chimiques mal perçus par le grand public.

Au cours des années 80, l'insecticide biologique *B.t.*, sécuritaire pour l'environnement et mieux accepté du grand public, a remplacé progressivement les insecticides chimiques.

Lors de la dernière épidémie, l'épandage se faisait principalement avec des quadrimoteurs.

Les techniques d'épandage et de navigation utilisant des monomoteurs ont été améliorées au cours des dernières années et sont actuellement les seules retenues. Cependant, les quadrimoteurs pourraient être à nouveau utilisés pour traiter de grandes superficies.

« Comment améliorer nos stratégies d'intervention? »

Volet détection

Les éléments importants à retenir :

- En matière de prévision des épidémies, force nous est de constater que le passé n'est plus garant du futur à cause des changements profonds du profil forestier, ce qui peut influencer la progression des épidémies.
- La nécessité de poursuivre et d'intensifier le suivi des populations de la tordeuse par le biais du réseau de placettes existant, surtout durant la phase endémique et celle de recrudescence.
- La nécessité de poursuivre les études sur la dynamique des populations de TBE afin de bien documenter la phase de déclin des populations.

Participant : Bruno Boulet

Ingénieur forestier, spécialiste dans le domaine des stratégies d'échantillonnage et d'aménagement en protection des forêts à la Direction de la conservation des forêts du ministère des Ressources naturelles.

À partir de 1986, lorsqu'il a mis en place un réseau permanent intégré au réseau de places échantillons permanentes au service des inventaires forestiers pour suivre le mouvement des populations et les dommages, le MRN a fait preuve d'un esprit visionnaire. Il a enrichi ce réseau en 1993 lorsqu'il a ajouté 14 sites de détection pour suivre la dynamique des populations. Nous sommes capables de comprendre les mécanismes qui expliquent un peu plus finement les fluctuations ou la dynamique des populations. Il est clair que, dans la perspective où les épidémies ne se comportent pas de la même manière que celle qui a débuté en 1967, nous sommes mieux outillés.

À l'époque, nous avions quand même beaucoup d'indications sur les endroits les plus susceptibles de voir apparaître les montées de population. Nous étions capables de cibler les peuplements qui étaient à risques. Pendant toute cette période de construction, le ministère a mis en place un réseau de plus de 680 stations équipées d'un système d'échantillonnage par étapes. Il s'agissait d'un travail de base avec des pièges à phéromone et une détection en cime qui permettaient de relever très tôt le début de toute recrudescence des populations. D'autres pièges à phéromone étaient placés en sous-bois afin de mieux voir les fluctuations à long terme et surtout de pouvoir les suivre même à des niveaux très élevés. Le tout s'harmonisait avec un relevé des larves en hibernation qui servait à mieux calibrer toutes les captures qui posaient certains problèmes au départ.

Les améliorations à envisager :

- Consolider les informations du monitorage pour mieux prédire.
- Augmenter le personnel spécialisé en détection précoce.
- Parfaire nos connaissances dans le domaine de l'analyse spatiale et temporelle des populations grâce aux techniques de géostatistique.

Le Québec a maintenu un effort constant avec cette stratégie alors que toutes les provinces voisines ont déclaré forfait, souvent pendant plusieurs années. D'avoir été persévérants nous permet aujourd'hui d'en tirer profit avec des séries de données intéressantes, sur 8 à 15 ans, pour suivre l'évolution des populations sur de grands territoires.

D'autre part, si on observait une recrudescence marquée de la TBE à grande échelle au cours des prochaines années, nous aurions besoin de ressources humaines additionnelles pour intensifier le travail d'échantillonnage. Il nous faut obtenir une meilleure image à l'échelle régionale et fournir aux aménagistes des cartes bien documentées.

Le deuxième problème concerne le suivi des sites qui nous permettent de mieux comprendre le comportement de la TBE et d'expliquer le phénomène. Nous pouvons constater, mais nous ne pouvons rien expliquer vraiment. Nous aurons donc besoin d'autres informations pour mieux documenter les fluctuations et pour comprendre ce qui se passe.

Volet prévention

Les éléments importants à retenir :

- La connaissance de l'agent de perturbation.
- La connaissance de son territoire : en regard de l'effet de l'agent de perturbation et de certaines contraintes (ex. autres utilisateurs), vulnérabilité, possibilité avec et sans TBE, période critique d'approvisionnement, pourvoirie, ZEC, etc.
- L'identification des moyens pour contrer les effets négatifs de la TBE.
- L'élaboration d'une stratégie qui intègre les moyens retenus, les dose et les agence dans le temps et l'espace.
- L'évaluation de la robustesse des hypothèses retenues.
- Au besoin, procéder à des analyses de sensibilité.
- La vérification de certaines hypothèses → recherche.
- La mise à jour des informations → mise à jour de la stratégie.
- Le suivi de l'application de la stratégie et la mesure de ses effets.
- L'identification des forces et faiblesses et les ajustements à la stratégie.

Les améliorations à envisager :

- Intégration des données sur la qualité des sites (écoforestiers) en fonction de la vulnérabilité des peuplements.
- Régionalisation de la grille de vulnérabilité pour mieux prédire les pertes.
- Élaboration de modèles experts pour établir des priorités en fonction des coûts et des choix.
- Intégration de tous les outils de lutte (récupération, prévention, lutte directe).

Participant : Michel Chabot

Ingénieur forestier à la division des analyses et stratégies, Direction de la conservation des forêts, ministère des Ressources naturelles.

Le constat est que les sapinières occupent la moitié moins de leur importance comparativement au premier inventaire. L'effet cumulé de la tordeuse et des récoltes qui ont été faites depuis les 25 à 30 dernières années a changé le paysage. Les connaissances que nous avions ont été mises à contribution, et nous observons des résultats assez concrets. Avec la géomatique, les nouvelles connaissances accumulées par rapport à l'information sur les stations et la productivité de celles-ci vont nous permettre de peaufiner notre vision et notre connaissance du territoire et de la descendre à un niveau beaucoup plus fin. Nous en parlions théoriquement dans la grille de vulnérabilité à l'époque. Aujourd'hui, nous en sommes rendus à ce stade qui nous permet d'améliorer la grille de vulnérabilité. Des travaux ont déjà été amorcés en vue de régionaliser la grille et de la mettre plus en lien avec l'intensité de l'épidémie, car il faut bien se rappeler que nous avons une grille provinciale que nous appliquons partout. Il nous faut continuer à faire du monitorage ou du suivi pour l'avenir. Peut-être qu'avec un patron d'épidémie différent, l'effet ne sera pas nécessairement le même. Le maintien des efforts de mesures nous permettra de mieux comprendre ce qui se passe.

Il va falloir aussi, au niveau de la prévention, continuer à intégrer les informations dans nos pratiques quotidiennes d'aménagement. Un des objectifs de l'étude de cas que nous travaillerons, en fin de journée, sera de prendre conscience qu'il faut faire varier les outils que nous possédons en fonction de la situation, telle qu'un massif forestier qui pourrait être à la fois récolté ou protégé ou encore des peuplements qui sont éparpillés un peu partout à l'extérieur de l'aire éligible aux pulvérisations. Il nous faudra être vigilants, car notre marge de manœuvre est moins grande qu'elle ne l'était dans les années 70. Bruno Boulet et Jean-Pierre Saucier l'ont montré : le niveau de possibilité par rapport à la coupe est de plus en plus proche. De plus, lorsque nous évaluons notre niveau de possibilité aujourd'hui, nous ne prenons pas en compte les perturbations à venir. Donc, nous marchons de plus en plus sur une corde raide. Un des outils que nous aurions avantage à développer ou à améliorer, c'est tout ce qui concerne la relation entre les effets d'une épidémie d'insectes et les calculs de possibilité forestière pour établir les priorités d'intervention. À un moment ou l'autre, nous devrons établir les priorités dans un contexte d'opération à chaque année, de considérations budgétaires, en fonction du risque comme tel, de l'état de la forêt, des prévisions de population, etc. Sur ce point, d'ailleurs, une équipe de l'Université du Québec à Montréal a intégré dans la forêt expérimentale du lac Duparquet le modèle développé par l'équipe du Dr McLean au Nouveau-Brunswick, qui est un système d'aide à la décision, un système intégrateur. Nous aurions avantage à pousser un peu plus loin en ce sens pour fournir de meilleurs outils d'aide à la décision qui sont intégrateurs au niveau de toute l'information disponible.

Volet récupération

Les éléments importants à retenir :

- La connaissance du processus de détérioration des peuplements et des arbres.
- La connaissance des contraintes liées à la planification de la récupération – déplacement d'opération, voirie, etc.
- La connaissance des contraintes liées à la récolte – coût, sécurité, etc.
- La connaissance des contraintes liées à la transformation – coût, produit, procédé, etc.
- La connaissance des contraintes à la mise en marché – exportation, certificat phytosanitaire, etc.
- La connaissance du cadre légal – lois, règlements, modalités de financement, etc.

Participant : Michel Chabot

En matière de récupération, les outils se sont également améliorés durant la dernière épidémie. Mais lors du premier programme de récupération des années 70, nous avons perdu beaucoup de bois. Toutefois, lorsque l'épidémie a diminué, le contexte économique aidant, la récupération a bien été intégrée aux travaux d'aménagement. Les premières grandes zones de mortalité observées se situaient dans l'ouest de la province, dans la région de la zone de la sapinière à bouleau jaune. Dans ces zones plus souvent qu'autrement, le sapin se retrouvait dans les peuplements mélangés en faible proportion. Dans plusieurs cas, ces peuplements n'étaient pas visés par la récolte forestière. Alors, sur l'image que Bruno Boulet a montrée hier de cette région, on voyait que la récupération faite dans ces secteurs était plus dirigée vers les zones ayant une plus forte importance du sapin.

Les améliorations à envisager :

- Utilisation d'outil de relevé aérien plus sophistiqué (satellite).

Volet lutte

Les éléments importants à retenir :

- Lorsque viendra le moment des grands programmes de lutte au moyen d'insecticides et d'aéronefs, combien d'acteurs de la dernière épidémie seront encore à des postes clés de décision?
- N'en serons-nous pas au même point qu'au milieu des années 70 alors que l'acceptation populaire de cette activité a été gagnée après de longs et tumultueux débats?
- À l'ère des technologies numériques débridées, les méthodes de lutte directe pour contrôler les dommages causés par les insectes dans nos forêts n'ont que peu évolué.
- La lutte directe n'est pas la panacée aux problèmes entomologiques. Elle permet cependant de sauver globalement l'actif résineux pendant qu'une épidémie sévit.
- La Stratégie de protection des forêts a encadré et réglementé des pratiques sylvicoles dont la tendance a pris naissance au milieu des années 80. Ces pratiques et politiques ont un impact direct sur la protection des forêts.
- Jusqu'où la société québécoise est-elle prête à investir en protection des forêts contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette? Quelle sera la nouvelle dynamique impliquant les industriels forestiers?
- Le défi de rebâtir une industrie de l'arrosage aérien.

Participant : Robert Chénard

Technicien forestier et directeur des opérations à la SOPFIM.

En matière de connaissances et d'améliorations, entre le début des années 70 et aujourd'hui, il s'agit de deux mondes complètement différents. Nous sommes partis de très loin, et l'amélioration de ces connaissances se traduit jusque dans la lutte. Nous avons amélioré les connaissances pour voir venir les épidémies, pour mieux planifier les interventions de récupération, etc., et, au niveau de la lutte, les résultats des recherches ont vraiment porté fruit. Nous avons également appris de nos erreurs au niveau des stratégies. Aujourd'hui, nous optons pour la protection de feuillage telle qu'appliquée en Gaspésie lors de la dernière épidémie.

Nous avons également une meilleure connaissance des cibles, on parle actuellement d'environ 1 700 000 hectares. En 1976, il s'est arrosé quatre millions d'hectares au Québec. Alors, nous observons un raffinement pour aller protéger essentiellement ce qui devrait l'être. Les coûts sont un peu plus élevés à cause du morcellement des sapinières. Mais, globalement, on arrose moins, et il y a une économie au chapitre des insecticides.

Toutes les nouvelles connaissances nous ont aussi permis de mieux renseigner la population et de faire prendre conscience aux gens qu'une épidémie, c'est récurrent, que ça fait partie de la dynamique de l'écosystème. De les sensibiliser à l'impact de la TBE sur l'activité économique pour les communautés qui dépendent de la forêt a donc permis d'atténuer la résistance de la population en regard du problème de la TBE. À partir des audiences publiques, il y a eu une meilleure acceptation des arrosages parce que les gens ont pris conscience du phénomène. Ce changement a de plus coïncidé avec l'arrivée du *B.t.* mis au point par le Dr Wladimir Smirnoff, le *B.t.* étant considéré comme un insecticide doux.

Au fil des discussions aujourd'hui, on a constaté que nous possédons de meilleurs outils, que nous avons de bonnes stratégies et qu'il sera possible de récolter aux endroits les plus vulnérables lors de la prochaine épidémie. Mais le talon d'Achille pour la lutte, c'est l'aviation, parce qu'au moment d'appliquer l'insecticide on fait encore appel à une vieille technologie. Nous avons commencé à arroser dans l'est du Canada, en 1952, avec des insecticides sous forme liquide et à les épandre sous forme de gouttelettes avec des avions. Nous procédons, 50 ans plus tard, de la même manière. Ça n'a pas du tout évolué. On n'a pas été capable de développer un organisme qui causerait une espèce d'état léthargique ou délétère dans les populations de tordeuses. Alors, quand on parle de virus, de perturbateur d'accouplement, d'autres technologies que de faire des nuages d'insecticide, ça n'existe pas encore et on travaille toujours avec une vieille technologie. La connaissance de l'insecte nous a amenés à lui présenter son dessert exactement comme il le veut. C'est un raffinement qui nous permet d'avoir des résultats très intéressants par l'arrosage, ce qui est très différent du début des années 70 où de toute façon il n'y avait pas un avion d'arrosage au Québec. Nous bénéficions au moins du bagage des années 70 et 80. Il a fallu 20 ans pour structurer une industrie de l'aviation d'arrosage qui ait de l'impact, qui soit capable de faire des traitements-chocs sur de très grandes superficies. Comme cette industrie vivait au rythme des épidémies, quand la dernière a pris fin, l'industrie a pratiquement

disparu. Cette industrie n'a pas eu, depuis 1991, de programme structurant pour lui permettre de se maintenir, alors encore moins pour se renouveler. Il faudra très bientôt que cette flotte qui est au minimum se renouvelle. Allons-nous accepter d'investir en aviation avant que le feu soit pris?

Par ailleurs, que va-t-il arriver avec les plantations? Nous n'avons pas vécu d'infestations de TBE depuis que le territoire forestier est occupé en grande partie par de grandes plantations d'épinettes, sans parler de l'épinette noire, et des éclaircies précommerciales. Il y a des opinions divergentes. Nous savons qu'il y a une pression sociale en faveur des éclaircies précommerciales. Mais quel sera l'impact réel de la tordeuse dans le cas d'une épidémie qui peut attaquer pendant sept ou huit ans à la même place? À titre préventif, la SOPFIM recense actuellement ces plantations au cas où ces superficies s'ajouteraient aux peuplements naturels qu'on a déjà à protéger. Ce matin, Alain Dupont parlait de 11 hectares en moyenne dans le précommercial. Toutefois, il n'y aura pas beaucoup de 11 hectares qui seront protégés quand nous aurons des centaines de milliers d'hectares de vieux peuplements naturels à protéger. C'est un domaine qui demeure un peu obscur, et il faut amorcer le questionnement pour avoir l'heure juste.

Les améliorations à envisager :

- La modernisation des techniques d'arrosage.
- La restructuration de l'industrie aérienne d'arrosage.
- La documentation du morcellement, des éclaircies précommerciales et des plantations en matière de logistique et de protection.

Finalement, la forêt est tellement morcelée que nous avons diminué la productivité des avions de façon importante. La productivité s'évalue quand l'avion est en vol, en train d'arroser. Lorsque les lignes d'arrosage sont courtes, l'avion passe son temps à tourner. Plus les blocs sont petits, plus on tourne, moins on arrose et plus il faut d'avions pour couvrir la même superficie dans la même période de temps. Le phénomène du morcellement s'est accéléré avec la stratégie de protection des forêts : il a fallu récolter les vieilles forêts matures, et maintenant il ne reste que de petits blocs. Les grands massifs forestiers faciles à protéger ont pratiquement disparu. C'est un problème important qui va exiger de gros déboursés. Est-ce que l'argent va suivre la volonté au moment de traiter pour protéger 1 700 000 hectares?

Volet stratégies d'aménagement : application en forêt publique

Les éléments importants à retenir :

- La stratégie d'aménagement est bien intégrée à l'évaluation de la possibilité forestière avec le logiciel SYLVA II qui vise la récolte des peuplements forestiers vulnérables à la TBE.
- Localisation cartographique des peuplements selon leur vulnérabilité pour orienter la planification opérationnelle des P.G.A.F.

Participant : Lévis Côté

Ingénieur forestier à la division Planification et développement de la direction régionale du Bas St-Laurent au ministère des Ressources naturelles à Rimouski.

La région du Bas-St-Laurent a une superficie sous aménagement de un million d'hectares. Quand l'épidémie de tordeuses est arrivée en 1975, la forêt gaspésienne était résineuse à près de 60 à 70 % de cette superficie, dont 70 % était mature. C'était une forêt peu ou pas aménagée dans le passé. À cette époque, la structure industrielle aussi était assez faible. Les usines étaient vieilles, peu performantes. Puis, à mesure que le programme de récupération de la tordeuse s'est appliqué, les usines se sont modernisées et les capacités de transformation ont augmenté. L'épidémie de tordeuses a surtout frappé dans la partie ouest de la région, à partir de la rivière Matapédia jusque vers le secteur de Kamouraska, dans la sapinière à bouleau jaune. Cet écosystème a comme caractéristique d'avoir des sites riches qui se régénèrent mal en résineux. Le programme de récupération apportait du bois à volonté, et les usines se sont modernisées. Entre 1980 et 1990, avec le programme de 300 millions de plants, on a reboisé sur approximativement 100 mille hectares 70 % en épinettes noires et 30 % en épinettes blanches et épinettes de Norvège dans la région. La tordeuse a ainsi créé à ce moment-là un boom économique : on entendait les gens parler de l'or gris. Évidemment, le reboisement a continué, et les coupes se sont déplacées vers l'est, soit vers la Vallée de la Matapédia, dans la sapinière à bouleau blanc. Il s'agit de secteurs bien régénérés, qui offrait un potentiel de coupes précommerciales intéressant. Des éclaircies précommerciales ont été en bonne partie réalisées. La conjoncture économique favorable dans l'industrie du sciage dans les dix dernières années a fait en sorte que tous les volumes matures autorisés par la possibilité, dans le cadre du rendement soutenu, ont aussi été récoltés.

Les améliorations à envisager :

- À la prochaine épidémie, il faudra tenir compte du peu de marge de manœuvre entre la récolte et la possibilité forestière, protéger les travaux d'éclaircies précommerciales, penser à une stratégie d'intégration globale et à la création d'emplois.

Récemment, nous avons constaté que dans notre un million d'hectares de forêt publique, on retrouve entre 15 et 20 mille kilomètres de chemins forestiers, rendant ainsi la forêt accessible. Le portrait de cette forêt a été complètement inversé, car maintenant nous y retrouvons 70 % de jeunes forêts composées en bonne partie de plantations, de jeunes peuplements éduqués et aussi de jeunes peuplements à être éduqués dans les 10 prochaines années. Les 30 % des peuplements résiduels sont morcelés et se retrouvent dans les endroits sensibles tels que les habitats fauniques, les ravages de chevreuils, les encadrements visuels, les corridors routiers, les séparateurs de coupe, etc., qui sont difficiles à récolter et à protéger. La stratégie a été mise en place dans une conjoncture favorable à rendre la forêt moins vulnérable, plus accessible, mais peut-être aussi un peu plus dangereuse. Nous pouvons dire qu'il y a quand même eu des pertes dans la dernière épidémie, mais ce sont des pertes que l'on pouvait se permettre lorsque nous avons 70 % de forêt mature. Actuellement, les niveaux de récolte égalent la possibilité, sauf pour cette année, où la conjoncture économique dans l'industrie du sciage de résineux est moins intéressante. Il n'y a donc plus de marge de manœuvre.

Dans la planification opérationnelle et l'analyse des plans quinquennaux, il y a toujours une préoccupation de récolter les peuplements les plus vulnérables. Nous avons développé une méthode qui est intégrée dans les calculs de possibilité et qui permet de cibler les peuplements prioritaires à récolter, notamment pour les sapinières surannées, afin que tous les travaux d'aménagement se réalisent.

La prochaine épidémie devrait impliquer des baisses de possibilité. Dans le cadre des plans généraux réalisés en 1999, nous avons simulé à partir des hypothèses prévues avec la méthode Gagnon et Chabot, et nous prévoyons une baisse de 15 %. Est-ce que ça va se réaliser?

Finalement, l'autre aspect à regarder de très près concerne la création d'emplois. La dernière épidémie a été créatrice d'emplois. Bientôt, nous aurons en Gaspésie des superficies assez importantes à traiter en coupes précommerciales. S'il arrive qu'on ne puisse faire d'éclaircies précommerciales, ou qu'on soit obligé de réduire les niveaux d'éclaircies commerciales, il y aura des impacts assez importants au niveau de la création d'emplois.

Les éléments importants à retenir :

- Planification : prochaine épidémie.
  - localisation des peuplements vulnérables (en fonction des classes de vulnérabilité),
  - information des autres utilisateurs du territoire (information et sensibilisation aux effets du passage de la TBE),
  - élaboration de la stratégie TBE,
  - scénario sylvicole pour diminuer la vulnérabilité (regarni, EPC, EC et récolte préventive).
- Exécution : selon la stratégie, développement du réseau routier,
  - récolte des peuplements vulnérables et/ou infectés,
  - remise en production des sites.
- Transformation :
  - perte de qualité des bois, diminution des propriétés des tiges (sciage et pâte).

Participant : Jean-François Desbiens

Ingénieur forestier et surintendant à la planification chez Kruger inc., Scierie Parent à Trois-Rivières.

Dans notre cas, en Mauricie, nous réalisons la mise en place ou l'élaboration des plans pour la récupération. Dans le cadre de notre PGAF, nous localisons avec la grille de vulnérabilité les peuplements susceptibles ou vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette à l'aide d'un système géomatique pour nous aider à situer tous les peuplements. Une fois localisés, on définit comme secteurs à récolter au moins entre 25 et 30 % des peuplements susceptibles sur notre territoire. En Mauricie, nous parlons de 25 % des secteurs classés selon les grilles 1 et 2 qui sont des peuplements vulnérables. Dans nos plans généraux, nous avons prévu récolter 25 % de cette superficie à l'intérieur des quatre prochaines années, d'ici 2004. En matière de prévention, les scénarios prévoient faire des éclaircies précommerciales et commerciales. Lorsque l'on fait des coupes, la régénération naturelle est importante, principalement dans le sapin. L'idée n'est pas d'éliminer le sapin, mais de favoriser l'enrichissement, le regarni, pour essayer d'augmenter la proportion d'épinettes pour rendre ces futurs peuplements moins susceptibles à la tordeuse. C'est un problème, parce que lorsque l'on parle de régénération, on parle d'une régénération totale de résineux et non d'une seule espèce. Ainsi, si nous avons à la limite 100 % de sapins sur une superficie, ce secteur ne sera pas regarni, car nous considérons qu'il est bien reboisé. Mais dans 50, 70 ans, ces futurs peuplements vont sortir à la cote 1 sur la grille de vulnérabilité. Au niveau de l'éclaircie commerciale, bien entendu, le sapin est la dernière essence à conserver, on favorisera une épinette ou autre à proximité pour diminuer ces risques.

Au niveau de la planification, si je prends l'exemple de la Haute-Mauricie, les secteurs qui sont identifiés vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, se retrouvent dans le sud de notre territoire où il y a quatre pourvoiries à droits exclusifs. Dans le cadre du plan quinquennal, on a essayé d'élaborer des ententes avec les pourvoyeurs dans le but de faire de la récolte préventive d'une partie des peuplements matures. Avec ce processus, on a réussi à signer une entente avec une seule des pourvoiries, car aucune récolte n'était prévue d'ici les cinq

prochaines années. Donc, pour les trois autres pourvoiries sur lesquelles la vulnérabilité des peuplements à la tordeuse est élevée, nous n'avons conclu aucune entente, car le principe était simplement : pas de récolte sur le territoire. Plutôt que de favoriser une démarche préventive, nous devrons avoir une démarche au niveau de la récupération lors du prochain passage de la tordeuse. Nous avons déjà vécu un plan spécial de récupération, soit de couper dans les secteurs attaqués, de tout récupérer, et c'est terminé. Notre appréhension, c'est que la prochaine épidémie passera dans le sud de notre territoire à l'intérieur des pourvoiries à droits exclusifs, et qu'il faudra appliquer le plan spécial de récupération du ministère. Pour nous, ce sont des situations inquiétantes.

Les améliorations à envisager :

- Beaucoup d'efforts pour réduire la vulnérabilité; enrichir les sites par des essences moins vulnérables.
- Problème d'ordre social : développer des ententes avec les autres utilisateurs du milieu sur la prévention vs la récupération et l'accès routier.
- Besoin de concertation, d'information et de transfert de connaissances.

Un autre élément important à discuter et à améliorer pour nous aider à la planification forestière est la précision des données de base et des outils, comme les cartes forestières, qui datent de 1987. Par exemple, nous avons constaté que certains peuplements, classés à risques très élevés selon la grille et intégrés à nos plans généraux, ont changé avec le temps. Sur les photographies aériennes plus récentes, nous remarquons que les peuplements surannés ont disparu, qu'il y a eu des chablis, des épidémies légères, etc. Donc, les risques ont diminué par rapport aux données de base en raison du nombre accru de peuplements en régénération. Alors, la mise à jour des données est un élément important.

Finalement, l'accessibilité des secteurs non accessibles risque d'être un problème sur notre territoire. Réaliser des chemins dans des secteurs qu'on ne peut pas récolter parce qu'on n'a pas d'entente ne présente aucun intérêt. Le problème se situe au niveau de la prévention et de la récupération de ces secteurs. Sur notre territoire, les chemins vont être construits en catastrophe, même si des scénarios de chemins sont déjà assez bien planifiés. L'approche qu'on recherche en période endémique comme présentement, c'est d'essayer d'élaborer des stratégies pour diminuer la pression et la vulnérabilité de ces peuplements sur l'ensemble du territoire. Cette approche est déjà en marche dans la région 04 où il y a des orientations qui encadrent tous les mandataires de gestion, les détenteurs de CAAF en ce sens. Au niveau des secteurs sensibles, il y a des problèmes. Malgré les explications fournies sur le besoin des chemins face aux risques des épidémies, les autres utilisateurs concernés viennent nous voir lors des consultations publiques pour dire « non, ça ne fait pas mon affaire ». Nous disions précédemment que les gens étaient plus documentés, qu'ils avaient une meilleure connaissance. Dans les faits, surtout pour ces milieux sensibles sur lesquels on ne parle pas d'utilisation de produits pour éliminer la tordeuse des bourgeons de l'épinette mais de solutions préventives, la majorité des gens ne comprennent pas, et il est difficile de les amener à être partenaires.

Volet stratégies d'aménagement : application en forêt privée

Les éléments importants à retenir :

- Le contexte de la mise en marché de 2005 est fort différent de celui des années 80.
- La forêt privée est relativement bien accessible; possibilité accrue d'intervention sur le territoire.
- La vulnérabilité actuelle de la forêt privée est de beaucoup inférieure à celle des années 80.
- Il n'y a pas lieu d'être trop pessimiste compte tenu du peu de peuplements surannés sur le territoire et des travaux d'aménagement réalisés au cours des dernières décennies.

Participant : Denis Villeneuve

Ingénieur forestier, directeur adjoint et responsable de la mise en valeur des forêts au Syndicat des producteurs de bois de la région de Québec.

La forêt privée, tout le monde sait que c'est différent de la forêt publique. Toutefois, nous sommes mieux équipés maintenant que lors de la précédente épidémie. D'abord, nous sommes déjà passés à travers une épidémie et nous avons fait des récoltes dans une épidémie qui a été très forte. Dans notre secteur de Charlevoix, pendant longtemps nous avons été sous l'impression qu'il ne resterait plus un sapin après l'épidémie. À la suite de cette épidémie, la structure de la forêt a beaucoup changé : il y a moins de sapins. Les superficies de sapins en place aujourd'hui sont en régénération, et nous avons pratiqué des éclaircies précommerciales dans certains secteurs. Beaucoup de superficies ont été reboisées en épinettes tout comme dans le Bas-St-Laurent, ce qui a coïncidé avec le début du programme de 300 millions de plants en 1984. Finalement, on retrouve moins de sapins, des forêts plus jeunes, ce qui suppose que l'épidémie va être beaucoup moins forte que la précédente.

Globalement, au niveau des connaissances, nous sommes mieux préparés en prévision d'une nouvelle épidémie. En ce qui concerne la localisation des sites, avec tous les satellites, suivre l'évolution des superficies affectées devient plus facile. En matière de récolte, ce n'est pas vraiment un problème en forêt privée. La forêt privée est accessible, il y a des chemins partout et aussi l'expérience de la précédente épidémie. Pour sa part, la mise en marché s'est améliorée. Au début des années 80, on vendait du bois en forêt privée uniquement aux usines de pâtes et papiers ou à peu près. Il n'y avait pratiquement personne dans le sciage qui achetait du bois de forêt privée. Maintenant, l'industrie du sciage s'est habituée, du moins dans le centre et l'est du Québec, à acheter le bois disponible sur forêt privée. Les frontières de livraison ou les distances de livraison ne semblent plus un problème pour plusieurs industriels du sciage. Il y a des industriels de Saint-Pamphile près de l'Islet qui achètent du bois dans les Laurentides, dans l'Outaouais et à un prix plus fort que l'usine de l'Outaouais est prête à le payer; c'est un peu surprenant mais c'est comme ça. Nous avons là un gros avantage. D'un autre côté, nous avons le principe de résidualité inscrit dans la Loi, mais qui est aussi un désavantage parce qu'il n'a jamais été appliqué depuis les 16 dernières années où il était en vigueur. Par contre, s'il arrive une autre épidémie, même un peu moins forte que la dernière, les pressions pour que ce principe s'applique seront très fortes.

Les améliorations à envisager :

- Évaluer la possibilité de mettre en place un mécanisme d'assurance-récolte pour les propriétaires.

Quelle est la différence entre la forêt privée et la forêt publique? En forêt publique, il y a un seul propriétaire, tandis qu'en forêt privée, il y en a 125 000. On ne pense pas à la prochaine épidémie en forêt privée, parce que la possibilité forestière est à la hausse. Si le bois est mature, le propriétaire sera capable de récolter et de vendre son bois. Mais si le peuplement est jeune, c'est-à-dire un peuplement de sapins de 15, 20, 25, 30 ou 35 ans qui commence à avoir du volume, et qu'il subit le passage de la tordeuse qui le liquide au complet, alors le propriétaire vient de perdre 20 ans d'investissement sur une superficie. Actuellement, il n'y a aucun mécanisme d'assurance ou de compensation pour les propriétaires pris avec cette perte. Nous avons devant nous quatre, cinq ou six ans peut-être pour regarder la possibilité d'instaurer une protection comme une assurance-récolte ou un fonds de défense. Nous devrions regarder la possibilité de mettre en place des outils de ce type avant la prochaine épidémie.

SYNTHÈSE DES DISCUSSIONS

Les interventions forestières

Prévenir par des méthodes sylvicoles adaptées

Les pourvoyeurs du Québec considèrent que les territoires sont petits pour conserver les activités récréotouristiques, et, pour continuer à opérer, il leur faut un certain couvert forestier. Ils veulent connaître les méthodes d'intervention d'aménagement forestier qui peuvent s'effectuer pour protéger davantage le couvert dans ces milieux qui sont plus sensibles.

S'il y a une épidémie et que la forêt est mature, donc très vulnérable, elle risque d'être dévastée. Alors, au niveau des aménagements préventifs, selon Lévis Côté, il est peut-être préférable d'intervenir pour rajeunir la forêt par des traitements sylvicoles et éviter ainsi de la laisser vieillir. De plus, reboiser en épinettes pourrait être pratiqué davantage en pourvoirie.

Une pression sociale à considérer

Un constat a été fait face à la pression sociale de plus en plus forte exercée par les autres utilisateurs du territoire en ce qui concerne les interventions forestières. Lévis Côté a émis les commentaires suivants en réponse à un participant :

- Au point de vue forestier, avec seulement 30% de forêt mature, il faut récolter du bois dans les endroits sensibles (encadrements visuels, lisières boisées, etc.).

- Lors de la dernière consultation, des gens ont passé des semaines complètes à analyser des plans quinquennaux, et plusieurs demandes de conciliation pour une répartition différente des coupes dans les zones plus sensibles ont été faites. Même dans certains cas, on demande l'exclusion complète de la récolte.

- Il y a un imbroglio dans le sens où les gens voudraient avoir beaucoup d'emplois créés par la forêt, des cours d'usines pleines de bois, mais ceci sans récolter en forêt. Il faut essayer de chercher un équilibre et bien informer la population sur le pourquoi des interventions.

La lutte

Le morcellement, un élément incontournable et coûteux

Selon la majorité des interventions, le morcellement des forêts est un problème grandissant au Québec. C'est pourquoi on veut connaître l'impact de ce morcellement sur les coûts et les bénéfices du traitement lors d'une utilisation combinée de l'hélicoptère et de l'avion.

À ce sujet, Robert Chénard a précisé qu'il n'est pas plus difficile techniquement d'arroser un bloc de 50 hectares qu'un bloc de 5000 hectares. Le problème est la quantité de travail fait à l'heure quand l'appareil travaille sur de petits blocs par rapport à de grands blocs. La venue de l'hélicoptère va uniquement ajouter un peu de force de frappe. Cela ne devrait pas changer beaucoup les coûts sur les grandes superficies. Il en coûte en moyenne 60 $ l'hectare pour traiter des grands blocs de 150 hectares et plus. L'année dernière, des essais d'arrosage uniquement sur de petits blocs en Outaouais ont été faits, et le coût a été évalué à 102 $ ou 103 $ l'hectare. La courbe de rendement-coût en fonction de la grosseur des blocs est linéaire. Ce coût est à l'image de la forêt privée en général. Il y a donc un problème de coût associé au traitement de petites superficies.

Utiliser la dynamique des forêts mélangées, contre la TBE

Certains se sont interrogés sur l'utilisation potentielle de la dynamique des forêts mélangées pour diminuer les interventions de lutte et diminuer les coûts supplémentaires engendrés par la protection des peuplements contre la TBE.

En lien avec la dynamique des forêts mélangées, on a rappelé les faits suivants :

- Actuellement, le critère déterminant pour rendre un peuplement admissible à la protection est basé sur une composition de 38 % et plus de sapins et d'épinettes blanches. C'est valable autant pour les peuplements résineux que mélangés. Pour être traités, les peuplements doivent présenter un intérêt économique, c'est-à-dire avoir assez de sapins et d'épinettes blanches ou être classés dans la catégorie des SEPM. Le fait d'avoir des peuplements mixtes permet une réduction de vulnérabilité, alors les pertes anticipées sont moindres.

- D'autre part, sur le plan de l'efficacité du traitement, arroser des résineux lorsqu'ils sont dominés par des feuillus ne donne pas d'aussi bons résultats parce que souvent le feuillu intercepte le nuage de gouttelettes. C'est un problème d'opération. La proportion de résineux doit être relativement importante et bien dégagée à travers le feuillu.

- Il faudrait disposer de plus d'information sur la dynamique des forêts mélangées et étudier les dosages et les techniques pouvant être applicables à ces peuplements.

Une alliance aérienne à explorer

Des participants ont demandé si la SOPFEU, qui utilise une quinzaine d'avions à temps partiel et dont les périodes d'utilisation peuvent être concomitantes avec celles de la TBE, pourrait jouer un rôle dans le manque d'aéronefs.

Il a été précisé par Robert Chénard que ce serait incompatible de jour en raison de la période intense des feux aux mois de mai et de juin. Cependant, de nouveaux développements techniques comme le vol de nuit pourraient être envisagés : les avions pourraient être utilisés le jour contre les feux et la nuit contre les insectes.

L'impact du *B.t.*

Une des préoccupations ressenties par les pourvoyeurs du Québec se situe au niveau de l'impact des arrosages avec le *B.t.* sur la chaîne alimentaire des espèces fauniques.

Robert Chénard a signalé que les effets du *B.t.* sur l'humain, les autres mammifères ainsi que sur diverses espèces d'insectes sont assez bien documentés. Les publications sont disponibles auprès de la SOPFIM.

Des produits curatifs à découvrir

Plusieurs intervenants se sont dits préoccupés par le fait qu'en matière d'outils curatifs le Québec n'a pas d'autre produit homologué biologique mis à part le *B.t.* Les commentaires suivants ont été émis :

- Robert Chénard a mentionné qu'un analogue d'hormone de croissance, le Mimic, est actuellement en développement et testé dans au moins deux provinces du Canada (note de la rédaction : le Mimic® 240LV est homologué depuis février 2000 au Canada). Il est pleinement efficace, mais il devra passer par le processus d'acceptation sociale. Ce produit pourrait être disponible à compter de l'an prochain. Avec l'autorisation de son conseil d'administration, la SOPFIM se tient à jour sur les résultats de ces recherches.

- Toutefois, il faut être conscient que dans un contexte de stratégie de protection des forêts la SOPFIM ne peut pas développer directement des produits qui sont à tendance chimique. Au Québec, il y a une stratégie de protection des forêts en vertu de laquelle il n'y aura plus d'utilisation de produits chimiques en forêt à compter de 2001. Dans certains cas, la Loi et les règlements sur les produits antiparasitaires s'appliquent également.

L'acceptabilité sociale, un élément majeur

La certification environnementale

Plusieurs se questionnent sur les difficultés d'acceptation rencontrées avec les autres utilisateurs du territoire, qui, probablement, sont déjà partie prenante d'un processus de consultation en vue de la certification environnementale. Selon eux, certains processus de certification environnementale sont peut-être plus restrictifs que d'autres quant à l'utilisation des arrosages.

Par ailleurs, même si l'arrosage suppose qu'il n'y aura pas de récoltes et que les peuplements seront conservés intacts, Jean-François Desbiens a exprimé l'avis qu'il ne permettra pas de régler les problèmes au niveau de la table de concertation avec les autres utilisateurs. Il faut chercher à diminuer la vulnérabilité des peuplements, et l'arrosage n'est qu'un des outils parmi les autres.

Pour sa part, la Fédération des pourvoyeurs du Québec est engagée dans un processus de certification environnementale au niveau de la qualité des produits offerts, qui sont des produits de récréation. Ce processus n'a pas la même ampleur que celui qui implique les compagnies forestières compte tenu que les pourvoyeurs n'interviennent pas sur le milieu de la même façon. Ils doivent également rendre des comptes au niveau environnemental (eaux, sentiers pédestres, etc.), répondre à plusieurs normes et obtenir des permis.

Transfert de connaissances, information et formation

Une collaboration essentielle

Bruno Boulet a mentionné qu'il existe une bonne collaboration en matière de transfert de connaissances et d'échanges de données avec les autres provinces, entre autres, avec le Nouveau-Brunswick, qui a un réseau semblable à celui du Québec.

Une tournée d'information, un besoin urgent

Plusieurs intervenants ont fait ressortir les difficultés à discuter avec les autres utilisateurs de la nécessité d'intervenir pour prévenir et protéger la forêt contre une éventuelle épidémie de la tordeuse. Il y a toujours un espoir que la tordeuse passe à côté du territoire. Malgré ce constat, la majorité des participants trouvent important de ne pas rompre cette discussion. Ils proposent de reprendre une tournée d'information sur le dossier de la tordeuse, avec l'aide de tous les partenaires concernés (SOPFIM, MRN).

La formation, un outil de sensibilisation

On a rappelé l'intérêt d'offrir des sessions de formation aux gens de terrain en vue de les informer et d'obtenir de l'aide au niveau de la détection des problèmes entomologiques et pathologiques lors des relevés d'inventaire. On a également proposé d'élargir cette formation et d'impliquer les autres utilisateurs du territoire afin de les sensibiliser aux problématiques qu'ils pourraient avoir avec les insectes, les épidémies et les maladies.

Autres commentaires émis

La qualité des produits et la dégradation des bois morts

Selon les représentants de l'industrie du sciage et de l'industrie des pâtes et papiers, les critères de qualité des produits ont changé et sont devenus plus sévères depuis la dernière épidémie. Il est beaucoup plus difficile de faire du sciage acceptable pour un client ou des copeaux acceptables pour l'industrie papetière avec des arbres morts depuis un ou deux ans. Comme piste de solutions, on a alors proposé d'ajouter des spécialistes dans ces domaines à l'équipe de réflexion et de discussion.

À partir des informations existantes sur la dégradation des bois après la mortalité, Michel Chabot a précisé que la période optimale où il est encore intéressant d'aller faire de la récolte sans trop avoir de perte de qualité peut aller jusqu'à huit ans après la première année de défoliation sévère. Donc, il reste du temps pour intervenir sans perte importante de qualité. Le problème majeur lors de la dernière épidémie était relié au fait qu'on a attendu que la mortalité soit presque complète dans le peuplement avant de récupérer les arbres. Il faut commencer la récupération beaucoup plus tôt.

L'accès au territoire, indispensable à la prévention

Plusieurs participants se sont demandé si l'industrie a la capacité d'orienter ses territoires d'intervention dans les secteurs les plus vulnérables en matière de réseau routier. Pour eux, certaines situations nécessitent peut-être un programme d'accès à ces territoires pour permettre d'intervenir avant d'être obligé de mettre en place un programme d'aide à la récupération après l'épidémie.

Plusieurs régions ont un réseau routier assez bien développé qui permet effectivement de faire du morcellement puis de récolter des peuplements un peu plus vulnérables et un peu plus dispersés sur le territoire. Il y a, par contre, certains coûts associés. Les bénéficiaires de CAAF qui ont vécu la dernière épidémie de tordeuses sont assez collaborateurs en ce sens. Ils comprennent qu'il est préférable de faire de la prévention que de se réveiller avec des problèmes de transformation de bois mort depuis 2, 3 ou 4 ans.

Pour les régions moins bien structurées, certains intervenants ont repris l'idée soulevée lors des audiences sur la Stratégie de protection des forêts en 1994 de mettre sur pied un programme de voirie à frais partagés. Ce programme aurait pour objectif de rendre les massifs vulnérables accessibles en vue de récolter plus de sapins et par conséquent de diminuer les superficies à traiter prévues au programme de pulvérisation.

Un plan d'urgence ... pourquoi pas?

Agir plus finement et avoir un plan de match global et mobilisateur

Plusieurs participants anticipent un problème important de financement ou de capacité à faire des activités supplémentaires. Le phénomène d'une forêt qui est passée de surmature à mature semble s'étendre à l'ensemble des régions. Donc, dans cette situation, les gens se questionnent s'il n'y a pas lieu, à l'échelle d'une région, de mieux définir un plan d'urgence qui tiendra compte de la situation actuelle d'accessibilité des territoires et de la capacité de l'industrie à récupérer les bois attaqués par la tordeuse dans les peuplements susceptibles et les massifs mûrs en vue d'éviter des pertes de bois.

Pour Lévis Côté, agir plus finement et avoir un plan de match mobilisateur est essentiel pour contrer la prochaine épidémie. L'expression « plan d'urgence » est bien choisie, car il faut établir des priorités régionales maintenant. Les

considérations régionales sont très importantes pour être capable d'adapter le meilleur scénario de protection à la région en fonction du potentiel biophysique, de la situation économique, de nos types d'usines, etc. D'avoir un plan de match global qui intègre toutes les informations disponibles sur l'insecte, la planification, l'intégration des coupes, l'utilisation de gros plants, le reboisement hâtif, la lutte, etc. permettra probablement de diminuer l'impact des prochaines épidémies.

De plus, on a soulevé l'intérêt à commencer à travailler le plus rapidement possible sur les peuplements. Il y a encore beaucoup trop de secteurs dans les plans quinquennaux où on retrouve des sapins et où finalement on récolte les épinettes. Notre modèle industriel n'est peut-être pas adapté pour aller chercher les sapins partout. Dans certains secteurs d'intervention, on aurait peut-être avantage à commencer à travailler avec des organismes de gestion en commun ou des coopératives forestières qui interviendraient dans les interbandes ou les lisières près des cours d'eau. Pour les massifs, le modèle des multifonctionnelles pourrait continuer à s'appliquer.

Les particularités des parcs nationaux

Les participants se sont questionnés sur l'approche prise par le Parc national de la Mauricie pour contrer le problème de la TBE sur son territoire.

Le représentant de ce parc, Albert Van Dijk, a expliqué que la protection de l'intégrité écologique est au centre du mandat des parcs nationaux (Note de la rédaction : L'intégrité écologique se définit comme suit : l'état d'un parc jugé caractéristique de la région naturelle dont il fait partie et qui sera vraisemblablement maintenu, notamment les éléments abiotiques, la composition et l'abondance des espèces indigènes et des communautés biologiques ainsi que le rythme des changements et le maintien des processus écologiques). Dans le cas de la tordeuse, on est en présence d'un processus naturel qui a façonné des écosystèmes forestiers importants dans la région. La politique de Parcs Canada comprend quelques principes élaborés par rapport aux interventions sur les processus naturels. Ainsi, on peut seulement avoir recours à des interventions actives sur les ressources dans les parcs nationaux selon une série de critères comme la sécurité publique ou la disparition d'une espèce ou d'espèces d'écosystèmes. Il peut s'agir de l'interruption de processus naturels, comme par exemple un feu, si ce qui se passe sur le territoire d'un parc national peut avoir des impacts très sévères sur les territoires avoisinants. Pour l'instant, le Parc national de la Mauricie comprend le site d'échantillonnage du lac Bouchard, mentionné par Bruno Boulet, où la tordeuse est en recrudescence. Dans le parc, la seule possibilité d'intervention entrevue pour l'instant serait d'intervenir sur le couvert forestier du camping Rivière Lapêche, qui se trouve au milieu d'une vieille plantation d'épinettes blanches, et qui est actuellement visiblement infesté par la tordeuse. Il n'est pas question d'arrosage, mais plutôt d'une intervention échelonnée sur 10 ou 15 ans où, progressivement, la composante résineuse serait éliminée dans ce secteur afin d'obtenir plus de feuillus.

Finalement, le Parc national de la Mauricie entretient des contacts avec les autres intervenants, et, si jamais la situation qui prévaut actuellement au lac Bouchard devient un problème important, on sera certainement prêt à en discuter. Actuellement, l'approche que l'on préconise est d'attendre et d'observer.

Annexe I

Séance d'affichage

LISTE DES EXPOSANTS

1	Dynamique temporelle des spermatozoïdes dans le système reproducteur des femelles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), *Choristoneura fumiferana*	Mireille Marcotte Johanne Delisle	SCF
2	Régulation physiologique de la production de la phéromone sexuelle et de son inhibition post-copulatoire chez la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), *Choristoneura fumiferana*	Johanne Delisle Jean-François Picimbon Jocelyne Simard	SCF
3	Le Mimic, en tant que régulateur de croissance d'insectes, peut-il affecter le potentiel reproducteur mâle et femelle de la TBE?	Renée Dallaire Johanne Delisle Éric Bauce	SCF et U. Laval
4	Identification des contaminants microbiens présents lors de la production *in vivo* du ChfuGV chez *Choristoneura fumiferana*	Nathalie Bourassa Kianoush K. Rashidan Claude Guertin	INRS-IAF
5	Utilisation d'un granulovirus comme outil de lutte microbiologique contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette	Claude Guertin Jean Cabana Kianoush K. Rashidan	INRS-IAF
6	Incidences des entomopathogènes dans les populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette	Michel Fortin Claude Guertin Abdérrazzak Merzouki	INRS-IAF
7	« Mon pays c'est l'hiver... » ou comment la tordeuse affronte les rigueurs du climat	Nathalie Carisey	SOPFIM
8	La lutte contre la tordeuse : heureux mariage de science et de technologie	Alain Dupont	SOPFIM
9	Priorité de récolte en fonction de la vulnérabilité du sapin baumier	Lévis Côté	MRN
10	Le suivi à long terme des populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette à l'aide de pièges à phéromone	Bruno Boulet Daniel Chamberland	MRN
11	Incorporer les effets du paysage sur la sévérité des épidémies dans les systèmes d'aide à la décision pour la tordeuse	Elizabeth Campbell Yves Bergeron	UQAM
12	Diffusion des quatre dernières épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette	Yves Jardon Hubert Morin	UQAC
13	La tordeuse des bourgeons de l'épinette : acquisition et transfert de connaissances au laboratoire d'entomologie forestière de l'Université Laval	Éric Bauce Richard Bérubé Nathalie Carisey Martin Charest	U. Laval
14	Dynamique des populations de tordeuse des bourgeons de l'épinette	Pierre Duval Jacques Régnière	SCF

Dynamique temporelle des spermatozoïdes dans le système reproducteur des femelles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), *Choristoneura fumiferana*

Titulaires : Mireille Marcotte[1] et Johanne Delisle[2]

Adresse : [1] Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy (Québec), G1K 7P4
[2] Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du P.E.P.S., Sainte-Foy (Québec), G1V 4C7

Téléphone : (418) 648-4928 **Courriel :** mmarcotte@cfl.forestry.ca

Description :

Cette étude examine la migration temporelle des spermatozoïdes à l'intérieur du système reproducteur des femelles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), *Choristoneura fumiferana*, sur une période de 24 heures. Chez les Lépidoptères, il existe deux types de spermatozoïdes: les eupyrènes (nucléés) et les apyrènes (anucléés) qui peuvent facilement être distingués par leur taille, les premiers étant plus longs et plus larges que les seconds. Lors de l'accouplement, les eupyrènes sont transférés dans le spermatophore sous forme de faisceaux, lesquels commencent à se dissocier dès la fin de l'accouplement. Pendant que les faisceaux d'eupyrènes se séparent, les apyrènes entament leur migration du spermatophore à la spermathèque. Trois heures après la fin de l'accouplement, toutes les femelles ont des apyrènes dans leur spermathèque alors qu'à ce moment les eupyrènes n'ont pas encore débuté leur descente. Les eupyrènes n'arrivent que vers la ge heure suivant la fin de l'accouplement et atteignent leur niveau maximal vers 18 h, ce qui correspond à la sortie des premiers oeufs. Si, tel que suggéré, la présence de spermatozoïdes dans la spermathèque est le facteur responsable de l'inhibition de la production de phéromone, du moins à court terme, le rôle des deux types de spermatozoïdes dans ce processus fera l'objet des prochaines études.

Régulation physiologique de la production de la phéromone sexuelle et de son inhibition post-copulatoire chez la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), *Choristoneura fumiferana*

Titulaires : Johanne Delisle[1], Jean-François Picimbon et Jocelyne Simard

Adresse : [1] Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du P.E.P.S., Sainte-Foy (Québec), G1V 4C7

Téléphone : (418) 648-2526 **Courriel :** jdelisle@cfl.forestry.ca

Description :

Chez la TBE, la production de la phéromone sexuelle ainsi que son émission, via le comportement d'appel, sont des activités rythmiques étroitement synchronisées. Tel que démontré chez plusieurs autres espèces de Lépidoptères, la production de phéromone chez la TBE est sous la dépendance d'une neurohormone, appelée PBAN, (pheromone biosynthesis activating neuropeptide) produite par le cerveau et transportée par le sang à la glande. Une fois l'accouplement réalisé, la production de phéromone cesse en moins de 24 heures sauf chez les femelles dont la corde nerveuse ventrale a été coupée avant l'accouplement, démontrant ainsi que l'inhibition est d'origine nerveuse. De plus, le sectionnement de la corde nerveuse à différentes heures après l'accouplement révèle que la présence des spermatozoïdes dans la spermathèque est le facteur responsable de l'inhibition nerveuse post-copulatoire de la production de phéromone. Les travaux se poursuivent afin de préciser lequel des deux types de spermatozoïdes, les eupyrènes ou les apyrènes, est impliqué dans ce processus physiologique.

Le Mimic, en tant que régulateur de croissance d'insectes, peut-il affecter le potentiel reproducteur mâle et femelle de la TBE?

Titulaires : Renée Dallaire[1], Johanne Delisle[1] et Éric Bauce[2]

Adresses : [1] Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du P.E.P.S., Sainte-Foy (Québec), G1V 4C7
[2] Université Laval, Département des sciences du bois et de la forêt, Pavillon Abitibi-Price, Sainte-Foy (Québec), G1K 7P4

Téléphone : (418) 648-4928 **Courriel :** rdallaire@cfl.forestry.ca

Description :

Le Mimic, un régulateur de croissance d'insectes qui imite l'action de l'ecdysone, perturbe le système hormonal des insectes exposés en induisant une mue précoce et létale. Par ailleurs, des études antérieures ont démontré que ce produit pouvait également provoquer des modifications physiologiques ayant des répercussions sur le potentiel reproducteur mâle et femelle de nombreuses espèces de Lépidoptères. Cependant, aucune étude n'a été effectuée jusqu'à ce jour pour évaluer les effets probables du Mimic sur la biologie reproductive de la TBE et pour comprendre de façon générale les mécanismes associés à une perte de fertilité chez un mâle traité. Malgré une diminution potentielle de la fécondité chez les populations traitées, la densité de population de la génération subséquente dépendra de la propension des femelles à redevenir sexuellement réceptives suite à l'accouplement avec un mâle partiellement ou complètement stérile. Or, elles pourront rétablir leur potentiel reproducteur uniquement si elles parviennent à se réaccoupler avec des mâles sains provenant de la population résidente ou de populations migratrices. Ainsi, l'étude des effets du Mimic sur le succès reproducteur des deux sexes de la TBE représente une étape essentielle à une meilleure compréhension de son impact sur le dynamique des populations de cette espèce.

Identification des contaminants microbiens présents lors de la production *in vivo* du ChfuGV chez *Choristoneura fumiferana*

Titulaires : Nathalie Bourassa, Kianoush Khajeh-Rashidan et Claude Guertin

Adresse : INRS-Institut Armand-Frappier, 531, boulevard des Prairies, Édifice 12, Laval (Québec), H7V 1B7

Téléphone : (450) 687-5010, poste 4258 **Courriel :** nathalie.bourassa@inrs-iaf.uquebec.ca

Description :

Le granulovirus de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (ChfuGV) est un agent entomopathogène qui pourrait s'insérer dans la lutte contre les populations de cet insecte. Étant donné le manque de lignées cellulaires permissives, la production du virus doit se faire in vivo, ce qui entraîne une possibilité de contamination des préparations virales par des micro-organismes opportunistes. Afin de pouvoir utiliser le ChfuGV comme agent de lutte biologique, il convient de documenter la composition de la flore microbienne présente dans le produit viral et d'élaborer des stratégies afin d'éliminer les contaminants représentant un danger pour les êtres humains. Le but du projet est donc d'identifier ces contaminants et d'observer l'impact de certaines modifications apportées au processus d'amplification virale sur les populations microbiennes, notamment l'ajout d'antibiotiques ou la stérilisation de certains constituants de la nourriture artificielle utilisée dans l'élevage des larves en laboratoire.

Résultats :

- Liste des bactéries aérobes retrouvées dans plusieurs préparations sans antibiotique;
- Liste des bactéries aérobes retrouvées dans plusieurs préparations avec auréomycine ajoutée à la nourriture artificielle;
- Liste des bactéries aérobes retrouvées dans certains lots de larves saines (flore normale de l'insecte);
- Décompte total des bactéries aérobes retrouvées dans tous les lots présentés ci-haut;
- Décompte viable sur milieu;
- Décompte total par coloration fluorescente des échantillons;
- Décompte viral pour chacun des lots présentés ci-haut.

Utilisation d'un granulovirus comme outil de lutte microbiologique contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Titulaires : Claude Guertin, Jean Cabana et Kianoush Khajeh-Rashidan

Adresse : INRS-Institut Armand-Frappier, 531, boulevard des Prairies, Édifice 12, Laval (Québec), H7V 1B7

Téléphone : (450) 687-5010, poste 4258 **Courriel :** kia.rashidan@inrs-iaf.uquebec.ca

Description :

Évaluation du potentiel insecticide du granulovirus de Choristoneura fumiferana (ChfuGV)
Étude comparative du ChfuGV et du Bacillus thuringiensis *(B.t.)* comme insecticide microbiologique.

Résultats :

- Des bioessais et des expériences sur le terrain ont démontré que le ChfuGV et le *B.t.* sont d'efficacité égale pour contrôler les populations de TBE.
- La quantité de ChfuGV utilisé (par hectare) est moins grande que celle utilisée pour le *B.t.*
- Nos études ont démontré que deux semaines après l'application du ChfuGV sur le terrain des virus sont encore présents dans les larves de TBE. Les larves infectées font partie d'une portion de la population qui sera éventuellement éliminée.

Incidences des entomopathogènes dans les populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Titulaires : Michel Fortin, Claude Guertin et Abdérrazzak Merzouki

Adresse : INRS-Institut Armand-Frappier, 531, boulevard des Prairies, Édifice 12, Laval (Québec), H7V 1B7

Téléphone : (450) 687-5010, poste 4258 **Courriel :** michel.fortin@inrs-iaf.uquebec.ca

Description :

Les entomopathogènes peuvent jouer un rôle primordial dans le déclin des populations de lépidoptères forestiers suivant les épisodes épidémiques. Des études plus approfondies sur la dynamique des entomopathogènes sont nécessaires afin de développer des stratégies d'aménagement efficaces contre ces insectes. Au Québec, il existe peu de données sur la composition et l'incidence des agents pathogènes dans les populations naturelles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE). Les objectifs de ce projet de recherche sont : a) de déterminer la composition des entomopathogènes retrouvés dans les populations de la TBE à différentes densités; et b) évaluer leurs incidences dans ces mêmes populations.

Résultats :

Cette étude dévoilera l'ensemble des principaux pathogènes (virus, bactéries et protozoaires) qui se retrouvent naturellement dans les populations de TBE. Nos données préliminaires révèlent que le virus de la granulose (GV) et Nosema sp. (protozoaire) sont parmi les micro-organismes les plus infectieux de la TBE en milieu naturel. Une corrélation positive entre l'incidence des agents pathogènes (% de larves infestées) et la densité de l'hôte devrait être observée. Ces résultats serviront de modèle en tant que bio-indicateur de la persistance des épidémies de l'insecte dans les régions du Québec (outil de prédiction).

« Mon pays c'est l'hiver... »
ou comment la tordeuse affronte les rigueurs du climat

Titulaire : Nathalie Carisey

Adresse : SOPFIM, 1780, rue Semple, Québec (Québec), G1N 4B8

Téléphone : (418) 681-3381, poste 264 **Courriel :** ncarisey@sopfim.qc.ca

Description :

La dormance, période qui correspond pourtant aux trois quarts du cycle de vie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette n'a fait l'objet d'études avancées qu'au cours de ces dix dernières années. L'objectif du projet est de présenter une synthèse de ces travaux en décrivant entre autres : 1) les étapes qui mènent à la diapause obligatoire (stade 1); 2) les processus physiologiques et biochimiques du stade 2 dormant (fin d'été, automne et hiver); 3) la période de quiescence au printemps (période d'arrêt du développement qui peut être levée par des conditions de températures favorables); et 4) les implications écologiques de la dormance, une excellente adaptation au climat des forêts boréales.

La lutte contre la tordeuse: heureux mariage de science et de technologie

Titulaire : Alain Dupont[1]

Collaborateurs : Éric Bauce[2], Josée Garneau[1], Nathalie Carisey[1], Alain Bélanger[1], Ghislain Rousseau[1], Denise Moranville[1] et Simon Pagé[1]

Adresses : [1] SOPFIM, 1780, rue Semple, Québec (Québec), G1N 4B8
[2] Université Laval, Département des sciences du bois et de la forêt, Pavillon Abitibi-Price, Sainte-Foy (Québec), G1K 7P4

Téléphone : (418) 681-3381, poste 264 **Courriel :** a.dupont@sopfim.qc.ca

Description :

La recrudescence des populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette dans l'ouest du Québec, a permis l'expérimentation de traitements à l'aide d'insecticide biologique *B.t.* dans un contexte épidémique réel. Ces travaux ont pour but de bonifier les techniques de lutte ainsi que les traitements standards, afin d'atteindre les objectifs de protection au plus bas coût possible. Pour ce faire, les études des interactions entre la plante hôte, l'insecte et le *B.t.* ont permis d'établir une gestion dynamique des prescriptions annuelles de traitement, selon les différentes situations rencontrées au cours d'une épidémie. De plus, le développement technologique des dernières années (NVG, GPS, GIS, BIOSIM, etc.) permet de réaliser des programmes de lutte efficients dans le respect de l'environnement et au bénéfice de toute la collectivité québécoise.

Résultats :

Transfert de connaissances concernant les programmes de lutte auprès des différents utilisateurs préoccupés par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Priorité de récolte en fonction de la vulnérabilité du sapin baumier

Titulaire : Lévis Côté

Adresse : Ministère des Ressources naturelles du Québec, 92, 2e rue Ouest, Rimouski (Québec), G5L 8B3

Téléphone : (418) 727-3788 **Courriel :** levis.cote@mrn.gouv.qc.ca

Description :

Simulation avec le logiciel Sylva II d'une priorité de récolte selon la vulnérabilité à la TBE des strates forestières. Localisation cartographique des strates forestières matures selon leur vulnérabilité à la TBE.

Résultats :

Exemple pour une aire commune des intrants au calcul de possibilité forestière permettant de définir une priorité de récolte pour chaque strate forestière selon sa vulnérabilité à la TBE et document cartographique les localisant sur le territoire analysé.

Le suivi à long terme des populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette à l'aide de pièges à phéromone

Titulaires : Bruno Boulet et Daniel Chamberland

Adresse : Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la conservation des forêts (DCF), 880, chemin Sainte-Foy, Québec (Québec), G1S 4X4

Téléphone : (418) 627-8642, poste 4029
(418) 627-8642, poste 4060

Courriel : brunot.boulet@mrn.gouv.qc.ca
daniel.chamberland@mrn.gouv.qc.ca

Description :

Un réseau provincial de stations permanentes a été mis sur pied par la Direction de la conservation des forêts (DCF) à la fin des années 80 pour le monitorage des insectes et des maladies. Les données entomologiques qu'on y recueille permettent entre autres de détecter et de suivre l'évolution des populations de tordeuses, de prédire les infestations et de mesurer la défoliation annuelle et cumulative. Ces données entomologiques sont essentielles pour estimer les délais dont nous disposons avant que les dommages causés aux sapins diminuent le rendement des forêts.

Le plan d'échantillonnage est conçu de manière à jumeler de façon optimale les données sur les populations des larves en hibernation à celles des captures de papillons mâles que l'on effectue à l'aide de pièges à phéromone. Ce plan s'avère particulièrement efficace pour mesurer les taux de changement locaux des populations et déterminer les patrons régionaux d'évolution des épidémies.

Résultats :

Une rétrospective de l'évolution des populations locales est présentée pour la période de 1992 à 2001. Des analyses d'auto-régression ont permis de modéliser les patrons de populations régionaux, dégager les tendances et prédire le début des infestations à l'échelle de quelques unités de paysage du Québec. On a fait appel à des analyses géostatistiques (kriégeage et centrographie) pour décrire la dispersion spatiale des tordeuses et prédire l'évolution de ses dommages dans l'espace et dans le temps.

Incorporer les effets du paysage sur la sévérité des épidémies dans les systèmes d'aide à la décision pour la tordeuse

Titulaires : Elizabeth Campbell et Yves Bergeron

Adresse : Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire, UQAM, Case postale 8888, Succursale Centre-ville, Montréal (Québec), H9C 3P8

Téléphone : (514) 626-4326 **Courriel :** ecampbel@generation.net

Description :

Les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont responsables pour une grande proportion de la matière ligneuse perdue au Québec. Les épidémies ne peuvent pas être éliminées mais le degré de dommages qu'elles causent peut être minimisé. Un facteur crucial pour atteindre cet objectif réside dans notre habilité à quantifier les effets de ces épidémies. Ce projet est une étude dendrochronologique qui quantifie l'impact de la composition et de la configuration spatiale de la mosaïque forestière sur la sévérité des épidémies de la tordeuse dans les peuplements de sapins baumiers et d'épinettes blanches au Québec et au Nouveau-Brunswick. Nous incorporerons les résultats de ces recherches dans une implantation du système d'aide à la décision pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette (SAD TBE) à la Forêt d'Enseignement et de Recherche du Lac Duparquet (FERLD) au nord-ouest du Québec. Notre recherche aidera à améliorer les prévisions de vulnérabilité des peuplements et l'implantation du SAD TBE donnera un exemple important démontrant comment nous pouvons utiliser cet outil pour améliorer les chances de succès dans l'obtention des objectifs d'aménagement forestier durable dans les régions du Québec où des épidémies de la tordeuse se produisent.

Résultats :

Résultats préliminaires sur l'impact de la composition et la configuration spatiale de la mosaïque forestière sur la sévérité des épidémies de la tordeuse dans les peuplements de sapins baumiers et d'épinettes blanches au Québec.

Diffusion des quatre dernières épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Titulaires : Yves Jardon et Hubert Morin

Adresse : Département des sciences fondamentales, UQAC, Chicoutimi (Québec), G7H 2B1

Téléphone : (418) 285-4281
(418) 545-5011, poste 5062

Courriel : jary@microtec.net
hmorin@uqac.uquebec.ca

Description :

La dynamique spatiale de la dernière épidémie de tordeuse a été largement analysée à partir des données de relevés aériens et est relativement bien connue (Hardy et collab., 1986; Gray et collab. 2000; Williams et Liebhold, 2000). Mais nous ne pouvons assurer que toutes les épidémies présentent le même patron spatial. Pour comprendre la dynamique spatio-temporelle des épidémies, nous nous sommes donné comme objectif de comparer la dynamique spatiale de la diffusion des quatre dernières épidémies à une échelle supra-régionale. Nous utilisons la dendrochronologie (analyse des cernes de croissance chez l'arbre) comme méthode de datation des épidémies passées.

Résultats :

Nous avons échantillonné 600 épinettes blanches provenant de 32 sites répartis sur un territoire de 200 000 km^2. Nous avons établi le début de chaque infestation locale à partir d'un seuil de 20% des arbres affectés pour chaque site. Une cartographie du déplacement des quatre dernières épidémies a pu être dressée et des analyses de tendance ainsi que des analyses des structures spatiales ont été faites. Les différents patrons épidémiques observés sont comparés : nous obtenons deux épidémies avec un patron de diffusion évident bien que différent et deux épidémies avec un patron de diffusion plutôt aléatoire.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette : acquisition et transfert de connaissances au laboratoire d'entomologie forestière de l'Université Laval

Titulaires : Éric Bauce[1], Richard Bérubé[1], Nathalie Carisey[2] et Martin Charest[1]

Adresse : [1] Laboratoire d'entomologie forestière, Faculté de foresterie et de géomatique, Centre de recherche en biologie forestière, Université Laval, Sainte-Foy (Québec), G1K 7P4

[2] SOPFIM, 1780, rue Semple, Québec (Québec), G1N 4B8

Téléphone : (418) 656-3647 **Courriel :** eric.bauce@sbf.ulaval.ca

Description :

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana [Clem.]) est un lépidoptère (Tortricidae) indigène qui se manifeste périodiquement en causant d'importantes pertes ligneuses dans les forêts résineuses du Québec. L'insecte a un important rôle écologique au niveau de la succession forestière et du rajeunissement des peuplements. Cependant, ses activités alimentaires entrent en conflit direct avec nos besoins en ressources ligneuses. Les interactions entre l'insecte et la composition chimique de son substrat alimentaire influencent chacun de ses stades de développement, que ce soit au niveau de son comportement, de ses performances larvaires, de sa capacité à passer à travers nos hivers rigoureux ou de ses performances au stade adulte. Ces interactions entre l'insecte et son substrat alimentaire peuvent être mises à profit dans un cadre de lutte sylvicole axée sur la manipulation des mécanismes de résistance des arbres hôtes. Ainsi, une bonne connaissance de ces interactions permettra d'optimiser l'efficacité des approches basées sur l'utilisation d'insecticide biologique comme le *B.t.* De façon similaire avec d'autres insectes défoliateurs, ces interactions pourraient jouer un rôle important dans l'épidémiologie de l'insecte.

Dynamique des populations de tordeuse des bourgeons de l'épinette

Titulaires : Pierre Duval et Jacques Régnière

Adresse : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du P.E.P.S., Sainte-Foy (Québec), G1V 4C7

Téléphone : (418) 648-7735 **Courriel :** pduval@cfl.forestry.ca

Description :

- Dynamique comparative des populations de tordeuses;
- Nouvelle recherche en aménagement des populations;
- Compréhension des processus démographiques menant aux épidémies.

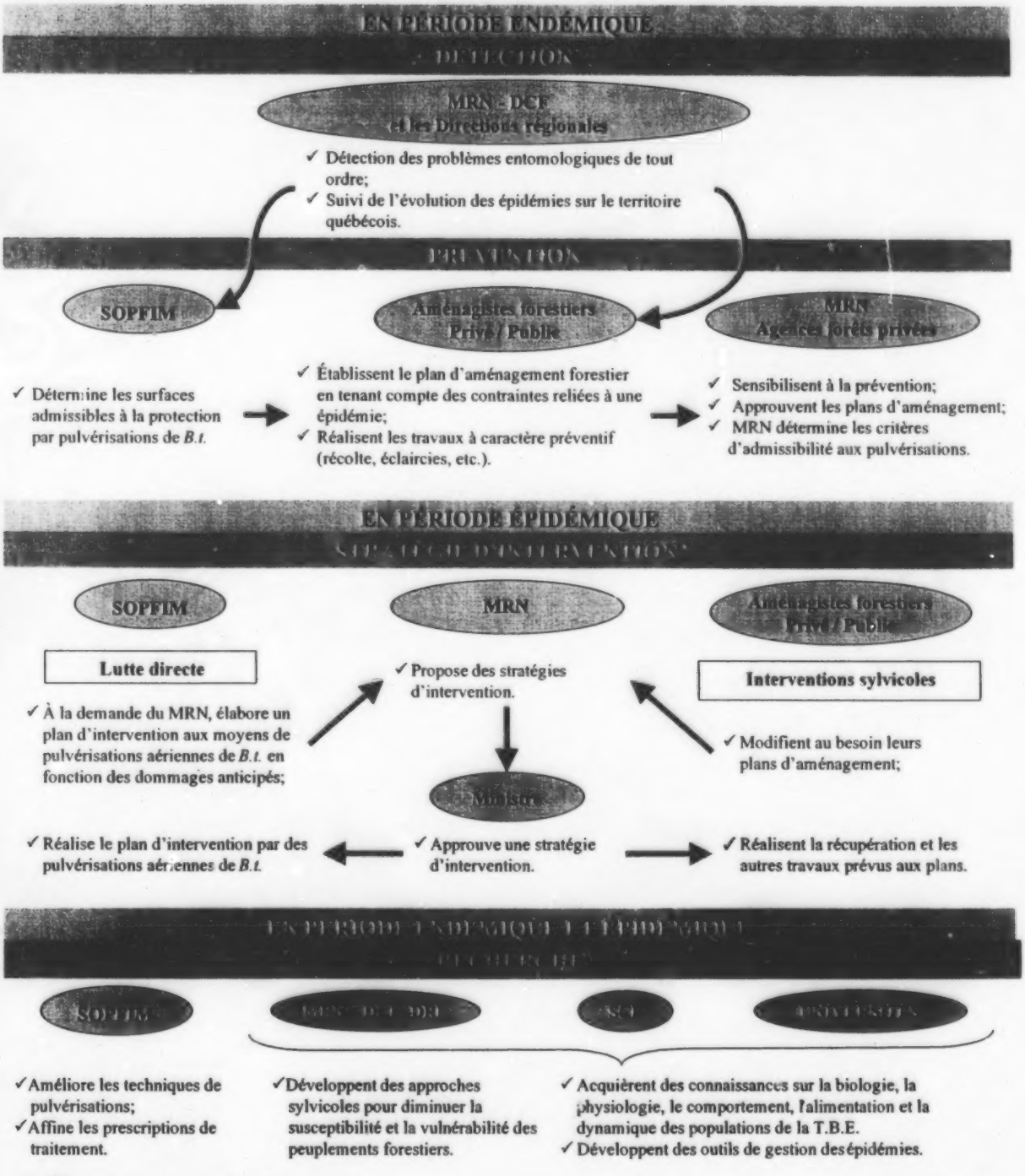
Résultats :

- BioSIM: Planification saisonnière de la lutte antiparasitaire et étude du changement climatique;
- DEFOLIO : affiche des prédictions.

Annexe 2

Les acteurs et leurs rôles

Les acteurs et leurs rôles dans la gestion des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec



Produit dans le cadre du Colloque T.B.E. Shawinigan – Mars 2001.

SOPFIM = Société de protection des forêts contre les insectes et maladies
1780, rue Semple, Québec (Québec) G1N 4B8
Téléphone : (418) 681-3381 Fax : (418) 681-0994
Courriel : sopfim@sopfim.qc.ca Site : www.sopfim.qc.ca

MRN – DCF = Ministère des Ressources naturelles
Direction de la conservation des forêts
880, ch. Sainte-Foy, 6e étage, Québec (Québec) G1S 4X4
Téléphone : (418) 627-8642 Fax : (418) 643-2368
Courriel : dcfl@mrn.gouv.qc.ca Site : www.mrn.gouv.qc.ca

MRN – DRF = Ministère des Ressources naturelles
Direction de la recherche forestière
2750, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8
Téléphone : (418) 643-7994 Fax : (418) 643-2165
Site : www.mrn.gouv.qc.ca

SCF = Service canadien des forêts – Centre de foresterie des Laurentides
Direction de la recherche
C.P. 3800, 1055, rue du Peps, Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7
Téléphone : (418) 648-7032 Fax : (418) 649-6956
Site : www.cfl.scf.rncan.gc.ca

Universités : Centre multirégional de recherche en foresterie et
Consortium de recherche sur la forêt boréale commerciale
Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
a/s Hubert Morin
Téléphone : (418) 545-5011 P5062 Fax : (418) 545-5012
Courriel : hmorin@uqac.uquebec.ca

Université Laval – Faculté de Foresterie et de Géomatique
Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Québec (Québec) G1K 7P4
a/s Éric Bauce
Téléphone : (418) 656-3647 Fax : (418) 656-5262
Courriel : eric.bauce@sbf.ulaval.ca Site : www.sbf.ulaval.ca/entomologie/

Université de Concordia
Département de Biologie, 1455, Boul. Maisonneuve ouest, Montréal (Québec) H3G 1M8
a/s Paul Albert
Téléphone : (514) 848-8729 Fax : (514) 848-2881
Courriel : albert@alcor.concordia.ca

UQAM-Montréal
Département de Biologie
C.P. 8888 Centre-Ville, Montréal (Québec)
a/s Yves Maufette
Téléphone : (514) 987-3000 P 7752

Institut national de la recherche scientifique, INRS-Institut Armand Frappier
Centre de microbiologie, 521, boul. des Prairies, Laval (Québec) H7V 1B7
a/s Claude Guertin
Téléphone : (450) 687-5010 P4258 Fax : (450) 686-5533
Courriel : claude.guertin@inrs-iaf.uquebec.ca Site : www.inrs-iaf.uquebec.ca

Annexe 3

Étude de cas

ÉTUDE DE CAS

Objectif

Permettre aux participants de « jongler » avec les différents outils d'aménagement mentionnés lors du colloque, d'échanger sur les forces et limites de chacun et d'apprécier leur utilité dans la planification forestière.

Résultat attendu

Proposer les ajustements pertinents à la stratégie d'aménagement existante afin de minimiser les impacts indésirables appréhendés par le « passage » de la TBE sur le territoire de référence dans cette étude de cas (réalisable et acceptable sur le plan économique, environnemental et social).

Mise en situation

« Vous êtes responsable de la mise à jour du plan d'aménagement (PGAF ou PPMV) réalisé il y a cinq ans pour le territoire ci-joint. La stratégie d'aménagement retenue à l'époque générait un effet de possibilité optimal *. La mise à jour du plan aurait été relativement simple n'eut été la probabilité grandissante d'une infestation importante de la TBE à plus ou moins court terme. Cette nouvelle information vous amène à réévaluer la stratégie existante pour vous assurer de faire face à cette situation tout en minimisant les effets indésirables sur la possibilité et la productivité du territoire. »

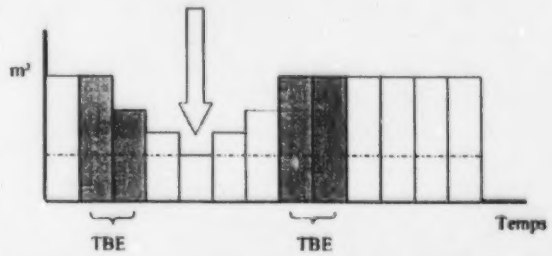
* Sans capacité de l'augmenter avec des travaux additionnels.

Description de l'unité d'aménagement

- Le territoire de l'étude de cas est situé dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune (sous-région septentrionale) et couvre une superficie de 26 000 hectares.
- Deux unités territoriales de référence (UTR) couvrent l'unité; dans l'UTR 1, le pourcentage de la superficie des peuplements de 7 m et plus ne pose pas de problème. Toutefois, dans l'UTR 2, ce pourcentage est à 30 %, soit la limite permise par le R.N.I.
- Une pourvoirie occupe une partie de l'unité, et des coupes importantes ont déjà été réalisées autour de son principal plan d'eau.
- La possibilité forestière du groupe SEPM (sapin, épinettes, pin gris et mélèze) est de 31 000 m³/an et est répartie selon le tableau ci-dessous dans quatre groupes de calculs.

Groupe de calcul	Possibilité forestière	
	m³	%
Résineux autres que sapin : R (R)	8990	29
Résineux avec sapin : R (S)	1550	5
Sapinière : S (S) et S (R)	16740	54
Mélangé à dominance de sapin : S (FI)	4030	13
Total	31000	100

- La possibilité est déterminée par le seuil de rupture qui est atteint à la cinquième période (de 20 à 25 ans), comme illustré à la figure ci-dessous.



- Le tableau 1 présente une répartition de la superficie des strates forestières selon le couvert et le stade de développement. Ce tableau présente de plus la superficie des travaux du plan quinquennal actuel.
- La carte ci-jointe permet de voir la distribution spatiale des diverses strates de même que les réseaux routier et hydrographique et les limites de la pourvoirie et des UTR. De plus, la carte permet de visualiser l'emplacement des CPRS prévues au plan quinquennal actuel (excluant celles des séparateurs de coupe) ainsi que le réseau routier projeté.

La stratégie actuelle d'aménagement

- Scénario de récolte
  - Les CPRS : 225 ha par an, soit 1125 ha pour les 5 ans. On prévoit faire la récolte avec des séparateurs de coupe; 10 % de la récolte est prévue dans les séparateurs de coupe.
  - Les éclaircies commerciales : on a prévu en réaliser 70 ha par an, soit 350 ha pour les 5 ans, et ce, dans les strates jeunes.

- Scénario sylvicole
  - Les plantations : on prévoit reboiser 100 ha (incluant le regarni) par an pour remettre en production les secteurs de CPRS mal régénérés, ce qui signifie 500 ha pour 5 ans. Étant donné la période critique rapprochée (20-25 ans), ces plantations n'ont pas d'effet sur la possibilité.
  - Les éclaircies précommerciales : on prévoit éclaircir 150 ha par an, soit 750 ha pour 5 ans, dans des strates résineuses et mélangées en régénération où le sapin est l'essence résineuse dominante. Il est parfois accompagné d'épinette noire lorsque le couvert est résineux; lorsque le couvert est mélangé, c'est le bouleau à papier qui l'accompagne.

- Scénario de voirie
  - Il est prévu de construire 10 km de route en plus de deux ponts.

- Scénario de lutte directe
  - Le tableau 2 présente les critères d'admissibilité à la protection directe.

La prochaine épidémie

On prévoit que la prochaine épidémie débutera au cours de la deuxième période de cinq ans et durera environ dix ans (cf. figure de la section 4).

La mortalité causée par la TBE varie particulièrement selon l'essence et son stade de développement. Le tableau ci-dessous présente les taux de mortalité auxquels on peut s'attendre pour le sapin et l'épinette noire, les deux essences vulnérables les plus présentes dans le territoire de l'étude de cas.

Prévision de la mortalité (% de volume)[1]			
Essence	Stade		
	Suranné	Mûr	Jeune
Sapin baumier	80	70	40
Épinette noire	5	0	0

Lors d'une épidémie typique, l'évolution de la mortalité se produit selon le modèle présenté à la figure 1. Cette information est nécessaire pour déterminer la période où la récupération des arbres est praticable.

[1] cf « Prévention des pertes de bois attribuables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette » : valeurs retenues comme étant les plus probables dans le contexte du territoire.

Contraintes à l'application de la stratégie

Diverses contraintes pourraient venir entraver l'application du plan quinquennal, dont celles qui sont présentées ci-dessous :

- Conditions du marché – volume de vente – prix.
- Déroulement de l'épidémie entraînant des changements dans la programmation de récolte.
- Effet possible d'autres perturbations naturelles (chablis, feux[1]).
- Fluctuations possibles de budgets entraînant la révision du scénario sylvicole et de lutte directe.

L'ensemble de ces contraintes suggère d'envisager plusieurs scénarios qui permettraient de dégager des priorités d'action.

Appréciation du plan quinquennal révisé

Chaque atelier pourra apprécier l'effet des modifications apportées au plan quinquennal sur les divers aspects présentés au tableau 3.

Une cote d'appréciation globale pourra être donnée en regard du résultat attendu, c'est-à-dire minimiser les impacts indésirables appréhendés par le « passage » de la TBE sur le territoire de référence (réalisable et acceptable sur le plan économique, environnemental et social).

[1] Les peuplements fortement endommagés par la TBE constituent un meilleur combustible pour le feu pendant quelques années après le passage de l'épidémie lorsque les conditions lui sont favorables.

TABLEAU 1 : ÉTUDE DE CAS

DESCRIPTION DU TERRITOIRE					PLAN QUINQUENNAL																EFFET SUR LA LUTTE DIRECTE		
					ACTUEL (sup. en ha)				RÉVISÉ : à la hausse "+", statu quo "=", à la baisse "-"														
									CPRS			ÉCL. COM.			PLANTATION			ÉCL. PRÉC.					
Stade	Couvert	Strates	Sup. (ha)		CPRS	É.COM.	PLANT'	É. PRÉC.	+	=	-	+	=	-	+	=	-	+	=	-	+	=	-
		Gr./S.Gr. Ess.	Toutes	SEPM	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)															
Suranné (S)	Résineux	R/R	1 585	1 898	465																		
	Résineux	R/S	313		0																		
	Feuillu	B/B	111																				
Mûr (M)	Résineux	R/R	456	4 885	370																		
	Résineux	S/S*	3 542		290																		
	Mélangé (R)	S/Fl*	887		0																		
	Mélangé (R)	Fl/B	342																				
	Feuillu	B/B	385																				
Jeune (J)	Résineux	R/R	636	3 431		350																	
	Résineux	R/S	701																				
	Résineux	S/S*	1 034																				
	Mélangé (R)	R/Ft	547																				
	Mélangé (R)	S/Fl*	513																				
	Mélangé (F)	Fl/B	666																				
	Feuillu	B/B	692																				
Régénéré (R)	Résineux	R**	2 253	5 042				750															
	Résineux	R-EPC	461					↑															
	Résineux	S-EPC**	184																				
	Résineux	EPB-PL	504					↓															
	Mélangé	M**	1 640																				
	Feuillu	F	1 703																				
En voie de rég. (EV)	Résineux	EPB-PL	1 465	5 183																			
	Résineux	R-PL	1 738																				
	Indéterminé	Indéterminé***	2 640				500																

** Strates admissibles aux pulvérisations lorsque régroupées à plus de 50 % dans des zones de 150 ha et + (cibles actuelles)*

*** Strates potentiellement admissibles aux pulvérisations lorsque régroupées à plus de 50 % dans des zones de 150 ha et + (cibles potentielles)*

**** à 75 % dans groupe SEPM*

Strates SEPM = 20 439 ha avec une possibilité de 31 000 m³/an (soit environ 1,5 m³/ha/an)

Sur une base de 125 m³ / ha, cela représente 225 ha de CPRS et 70 ha d'éclaircie commerciale par année

Pourcentage de la superficie avec peuplements de 7 m et plus : UTR 1 = 30 %, UTR 2 = 70 %

' Le recours à la plantation est nécessaire pour remettre en production une partie des CPRS mal régénérées

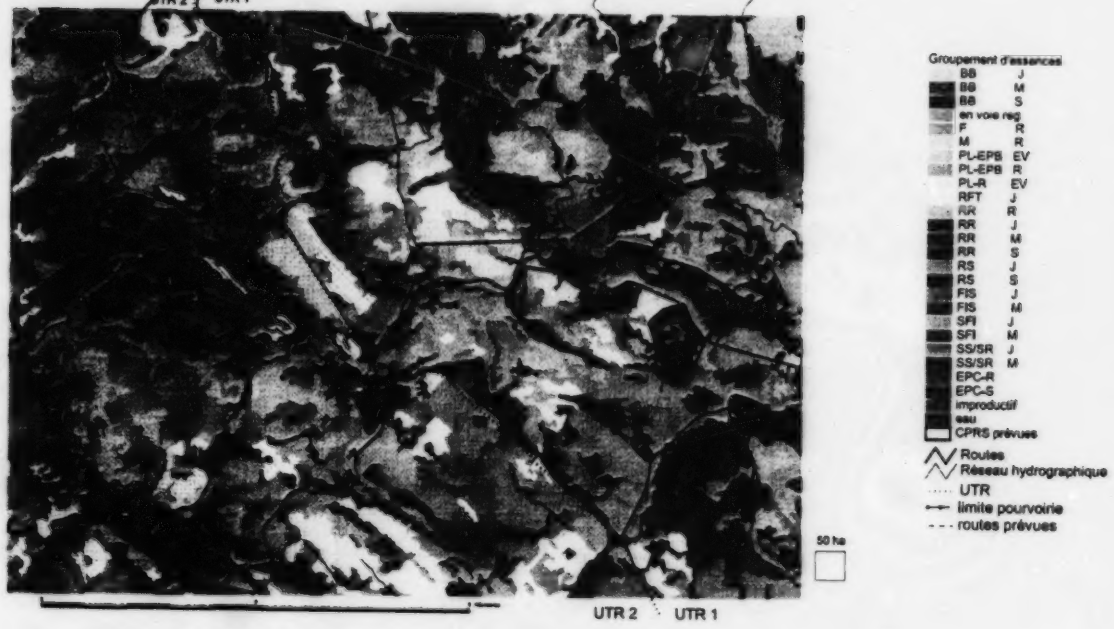

Usine 50 km
Piste d'atterrissage 10 km
UTR 2
UTR 1
50 ha
UTR 2
UTR 1
Groupement d'essences
BB J
BB M
BB S
en voie reg
F R
M R
PL-EPB EV
PL-EPB R
PL-R EV
RFT J
RR R
RR J
RR M
RR S
RS J
RS S
FIS J
FIS M
SFI J
SFI M
SS/SR J
SS/SR M
EPC-R
EPC-S
improductif
eau
CPRS prévues
Routes
Réseau hydrographique
UTR
limite pourvoirie
routes prévues

Tableau 2 : Résumé des critères utilisés pour délimiter les secteurs admissibles à la protection contre la TBE

CRITÈRES FORESTIERS :

Ratio volume SAB - EPB :	**> 38 %**
Âge :	**≥ 30 ans + cas d'exception (EPC)**
Densité :	**A - B – C - D (après validation)**
Hauteur :	**1 à 5**

CRITÈRES DE CONFIGURATION (SECTEURS) :

Superficie minimale :	**150 ha**
Composition :	**50 % + de peuplements susceptibles**

CRITÈRES D'EXCLUSION :

Pente :	**> 40%**
Zone feuillue	
Coupe et prévision de coupe	
Perturbation (feu, chablis)	
Mortalité :	**> 50 %**
Autres	

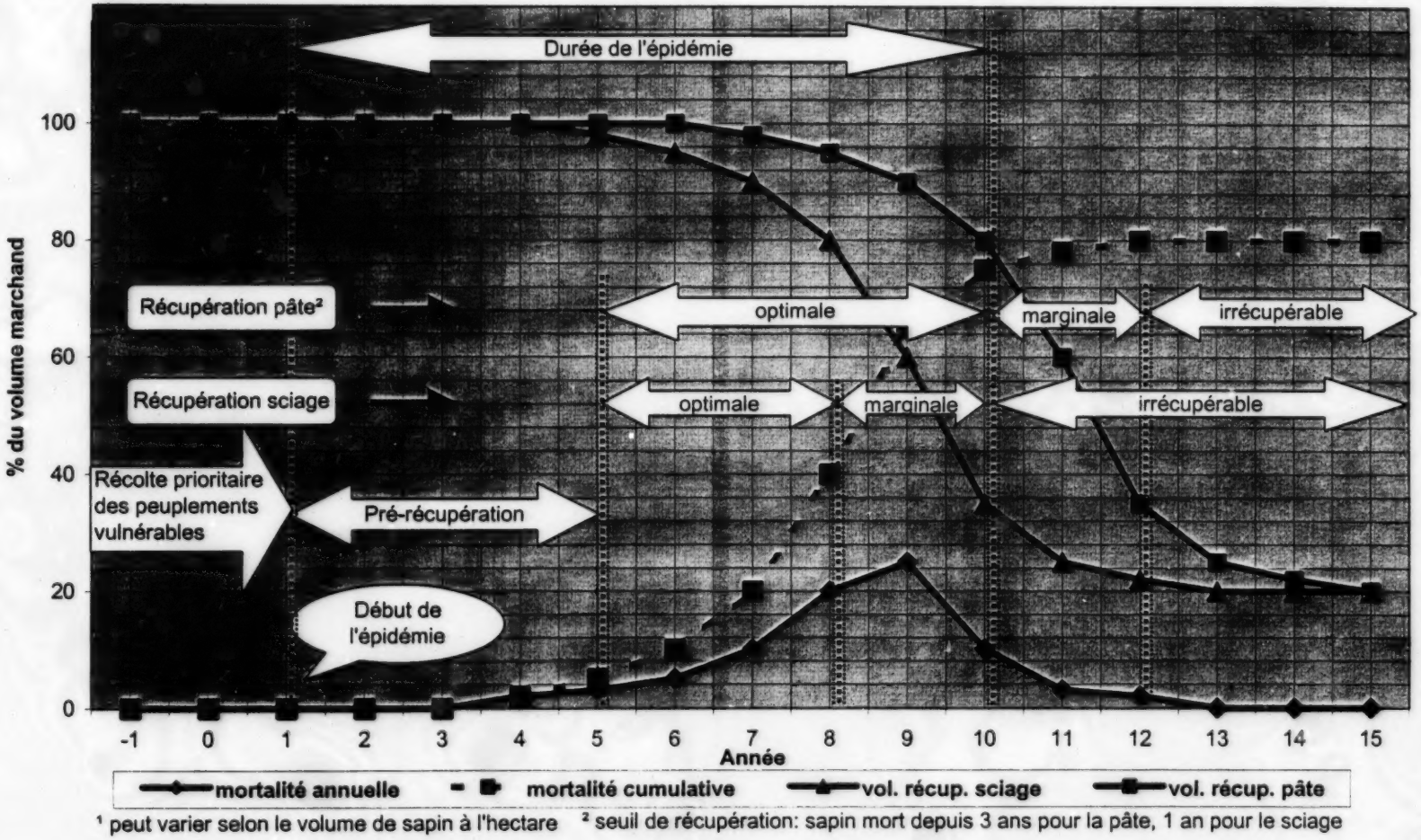
CRITÈRES D'INTERVENTION :

Niveaux de population et de défoliation anticipés :	**Modérés à extrêmes**
État des peuplements :	**Historique des défoliations**

SOPFIM
3 février 2000

Figure 1

Modèle typique de progression de la mortalité causée par la TBE dans une sapinière mûre et période de récupération[1] pour le sciage et la pâte

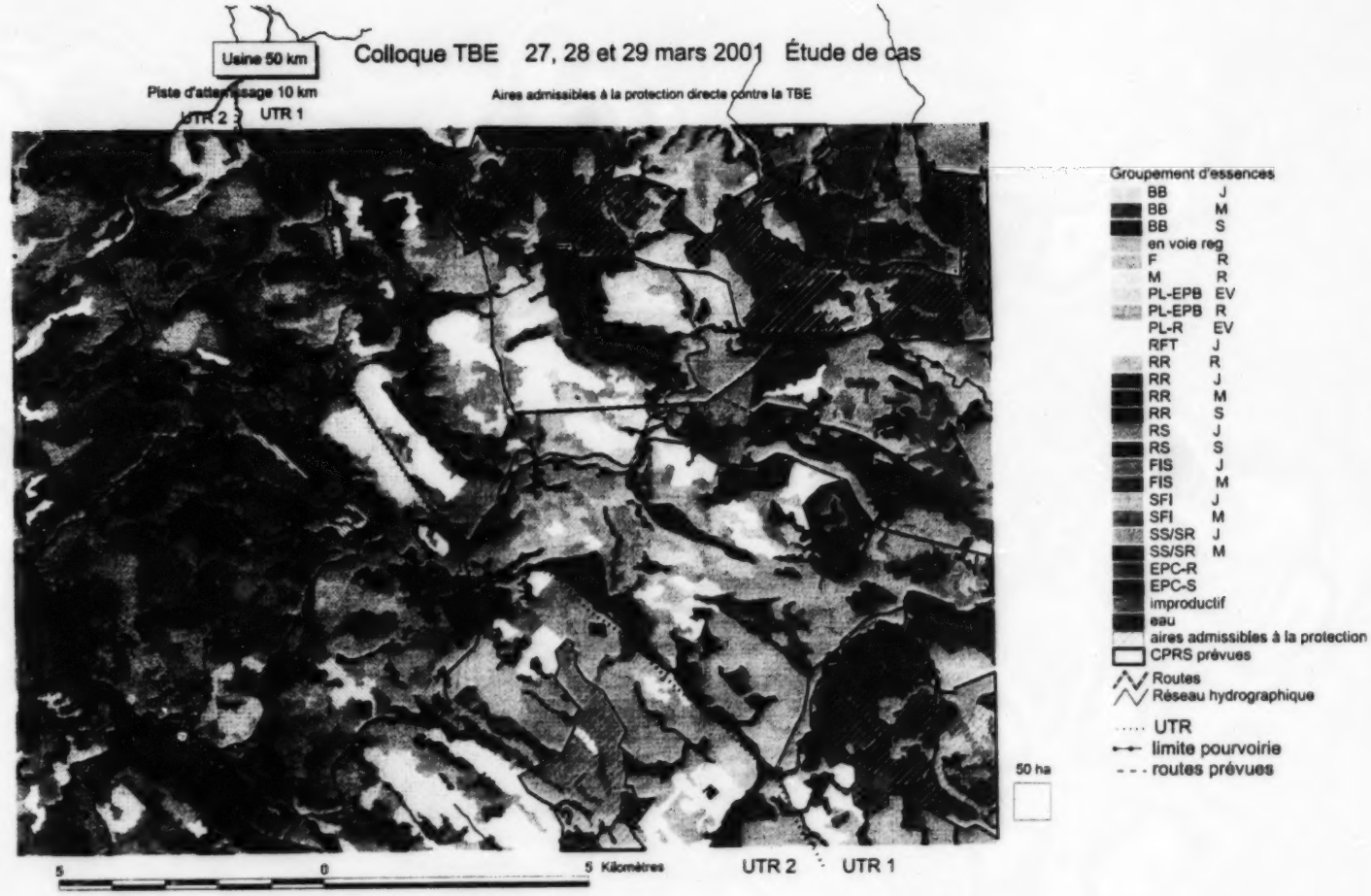


[1] peut varier selon le volume de sapin à l'hectare [2] seuil de récupération: sapin mort depuis 3 ans pour la pâte, 1 an pour le sciage

TABLEAU 3 : EFFETS DU PLAN QUINQUENNAL RÉVISÉ

ASPECTS EXAMINÉS	EFFET PAR RAPPORT AU PLAN QUINQUENNAL ACTUEL			COMMENTAIRES
	+	=	-	
	augmentation	statu quo	diminution	
	diminution	statu quo	augmentation	
	augmentation	statu quo	diminution	
	diminution	statu quo	augmentation	
	amélioration	statu quo	détérioration	
	amélioration	statu quo	détérioration	
COTE D'APPRÉCIATION GLOBALE[2]				

[2] COTE D'APPRÉCIATION GLOBALE
A: STRATÉGIE FORTEMENT AMÉLIORÉE
B: STRATÉGIE MOYENNEMENT AMÉLIORÉE
C: STRATÉGIE PEU OU PAS AMÉLIORÉE


Usine 50 km
Colloque TBE 27, 28 et 29 mars 2001 Étude de cas
Piste d'atterrissage 10 km
UTR 2
UTR 1
Aires admissibles à la protection directe contre la TBE
Groupement d'essences
BB J
BB M
BB S
en voie reg
F R
M R
PL-EPB EV
PL-EPB R
PL-R EV
RFT J
RR R
RR J
RR M
RR S
RS J
RS S
FIS J
FIS M
SFI J
SFI M
SS/SR J
SS/SR M
EPC-R
EPC-S
improductif
eau
aires admissibles à la protection
CPRS prévues
Routes
Réseau hydrographique
UTR
limite pourvoirie
routes prévues
50 ha
5 0 5 Kilomètres
UTR 2
UTR 1

Annexe 4

Allocution de
Philippe Grenier, ing.f., président

Association forestière de la Vallée du Saint-Maurice
et représentant de Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001

Mesdames, Messieurs, gens du Service canadien des forêts (SCF), du ministère des Ressources naturelles (MRN), de la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM) ainsi que tous les congressistes, si vous êtes ici aujourd'hui et que j'y suis aussi c'est pour des raisons qui symbolisent bien le rapport que notre région entretient avec la forêt.

Je suis ici à titre de président de l'Association forestière de la Vallée du St-Maurice et fier représentant de Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001. Mais avant tout, je suis un Mauricien qui a grandi dans la forêt et qui vit encore, au plan professionnel, comme dans la pratique de mes loisirs, **avec** cette forêt.

« Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001 », c'est la reconnaissance du lien entretenu par une population avec le milieu naturel. Maintenant, mon objectif de ce soir est le suivant : j'aimerais, avec vous, revoir comment s'est établi le rapport entre la population et la forêt mauricienne au fil des siècles et comment s'installe aujourd'hui cette relation.

Au 17e siècle : l'arrivée des premiers colons, début bien sûr de l'exploitation forestière « fallait bien couper du bois pour se bâtir ». Depuis plus de deux siècles, la Mauricie offre un bel exemple du rôle clé qu'a exercé la forêt dans le développement des régions du Québec. Son essor témoigne de l'importance historique du mouvement d'appropriation des richesses naturelles. Ce mouvement s'enclenche avec l'arrivée des Européens en Amérique, et qui prendra de plus en plus d'ampleur tout au long des 19e et 20e siècles.

L'histoire de la Mauricie en est une de fierté, une de celle qui reconnaît tous les efforts de ses bâtisseurs. Les premiers occupants du territoire, les Attikamecks, travaillaient et vivaient de notre magnifique forêt. Ont suivi les explorateurs, les trappeurs et les premiers colons qui eux aussi vivaient de cette même forêt. Par la suite, sont arrivées les industries de bois d'œuvre, les papetières et les grandes scieries qui se sont implantées dans le paysage mauricien. Au fil des années, le développement de nouvelles paroisses demeure intimement lié à la foresterie. Bien sûr, les Mauriciens ont vécu des années plus difficiles avec, à la fin du 19e siècle, une crise internationale qui frappa durement les régions exportatrices de bois servant à la construction navale. La Mauricie fut d'autant plus affectée puisque le peuplement du territoire à bon potentiel agricole se terminait à peine.

Cependant, cette crise ouvrit les portes à un nouveau type d'exploitation qui valorisera la forêt mauricienne. La production de bois de pulpe et de papier fournit une heureuse alternative. Avec l'avènement de la presse à grand tirage aux États-Unis, le papier est très en demande, et l'immense réserve de résineux reconnue pour la qualité de sa fibre aidera à la survie de l'économie. Bien sûr, le bassin hydrographique servira à fournir transport et énergie. L'utilisation de la rivière St-Maurice et de sa douzaine d'affluents qui traversent tout le territoire de la Haute-Mauricie jusqu'à Trois-Rivières se veut un atout majeur pour le transport du bois par flottage. Si bien que le flottage du bois sera utilisé jusqu'au milieu de 1990. Tout, en Mauricie, permettait alors de vivre de la forêt.

Aujourd'hui encore, l'utilisation de la forêt est omniprésente dans nos vies. Avec les grands moulins à papier, les scieries et le milieu récréoforestier qui se compose de l'aire faunique du réservoir Gouin, d'un parc national, onze Zecs, deux réserves fauniques, cinq parcs régionaux, 76 pourvoiries et 3 000 km de sentiers de motoneige qui sont en plein essor, le tout utilisé annuellement par un million de visiteurs et villégiateurs prouve que la forêt demeure et demeurera encore longtemps le principal moteur économique de la région. Avec l'amélioration du régime forestier et une saine gestion de nos ressources naturelles, la Mauricie représentera encore pour longtemps une image à suivre pour l'utilisation de son milieu.

Avec cette courte page d'histoire, nous sommes à même de constater que la Mauricie, notre milieu de vie, s'inspire de la forêt afin de former son image et son économie. Mauricie Capitale forestière canadienne nous rappelle qu'il est important sinon essentiel que vous soyez fiers de votre région. La levée des drapeaux qui sera effectuée dans toutes les municipalités de la Mauricie, le 4 avril prochain, représentera un moment de fierté unique qui prouvera à tous les résidants du Québec et du Canada que nous reconnaissons la forêt comme ressource et moteur économique de notre région. La Mauricie nous offre une forêt qui nous représente, une forêt unique. Cette forêt, notre héritage, le cœur de notre avenir.

Mesdames, Messieurs, organisateurs et congressistes, c'est avec des initiatives comme celle-ci que tous ensemble nous parviendrons à endiguer et à la fois protéger nos forêts contre les insectes nuisibles et en particulier la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Merci à tous et bonne soirée.

Annexe 5

Allocution de
Normand Lafrenière, directeur général

Service canadien des forêts - Centre de foresterie des Laurentides

Merci M. Pinard,
Invités et chers amis,

Je suis heureux d'être parmi vous aujourd'hui et de vous adresser la parole à l'occasion de cet important colloque sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette, organisé dans le cadre de Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001.

Je voudrais, d'entrée de jeu, féliciter les intervenants forestiers de la Mauricie regroupés au sein de l'Association forestière de la Vallée du Saint-Maurice de leur excellent travail qui a permis à cette région de décrocher le titre de capitale forestière canadienne pour 2001 à la suite d'un concours organisé par l'Association forestière canadienne. L'obtention de ce titre prestigieux rend hommage au labeur de la population de cette région qui peut s'enorgueillir d'être le berceau de l'industrie forestière canadienne. Ce titre vient également reconnaître la réputation d'excellence forestière que s'est forgée la Mauricie.

Il faut remonter jusqu'en 1993 pour qu'une région ou une localité du Québec obtienne le titre de capitale forestière canadienne. Cette année-là, la Vallée de la Matapédia, dans la région du Bas-Saint-Laurent, était détentrice du titre qu'elle avait d'ailleurs porté avec brio.

Après avoir obtenu le titre de capitale forestière canadienne, la Mauricie a su intéresser et associer différents intervenants à devenir des partenaires dans l'élaboration d'une programmation de qualité s'échelonnant sur toute l'année 2001. Le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada a accepté avec empressement d'être partie prenante à cette programmation. Ainsi, notre organisation est associée à trois événements d'envergure dont le premier a eu lieu à Trois-Rivières en février dernier et portait sur les indicateurs locaux en aménagement forestier durable (125 participants). Le réseau sur la gestion durable des forêts et le réseau canadien des forêts modèles assumaient le leadership de l'organisation de cet événement.

Le présent colloque est le fruit d'un partenariat entre le ministère des Ressources naturelles du Québec, la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies et le Service canadien des forêts. Plusieurs personnes d'autres organisations ont aussi prêté main forte au comité organisateur du colloque qui a ainsi été en mesure d'offrir un programme substantiel. Nous les en remercions.

Il est important que de tels partenariats prennent forme pour que des activités de transfert technologique soient offertes aux intervenants, là où l'action se déroule, c'est-à-dire dans les régions forestières du Québec. C'est pourquoi, au cours des dernières années, le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada a participé à l'organisation de plusieurs activités semblables en région. Nous entendons poursuivre dans cette voie, car tout nous porte à croire qu'elle rencontre les attentes des intervenants forestiers qui oeuvrent sur le terrain. En fait, il s'agit de créer des occasions privilégiées où des scientifiques, des planificateurs, des gestionnaires, des aménagistes et d'autres utilisateurs peuvent échanger sur les différentes facettes des réalités forestières.

Je profite de l'occasion pour vous faire connaître davantage notre organisation, localisée à Sainte-Foy depuis 1960. Le personnel scientifique du Service canadien des forêts réalise avec des partenaires divers projets de recherche forestière sur des thèmes aussi variés que la génétique et les biotechnologies, les écosystèmes forestiers, la biodiversité, les changements climatiques et les ravageurs forestiers. En ce qui concerne la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les chercheurs de notre ministère ont commencé à s'y intéresser bien avant qu'il soit question d'aménagement forestier durable.

En effet, au Québec, dès 1909, des scientifiques réalisèrent des enquêtes pour mesurer l'étendue et l'importance des dégâts de l'épidémie de tordeuse alors en cours. Lors de l'épidémie de 1940, les chercheurs du Service canadien des forêts en collaboration avec le ministère provincial des Terres et forêts se sont occupés de l'organisation de la lutte contre la tordeuse. Ils participèrent également aux premières pulvérisations aériennes contre cet insecte en 1952. À cette époque, il était déjà trop tard pour sauver les peuplements de sapin de l'ouest et du centre de la province. Pour la Gaspésie, de petites superficies furent traitées par voix aérienne en 1952 et 1953 et, à partir de 1954, une lutte à grande échelle fut entreprise.

Au fil des ans, différents moyens de lutte contre la tordeuse ont été mis de l'avant à la suite des travaux des chercheurs. L'arrosage aérien d'insecticides, la mise au point d'un insecticide biologique, l'élaboration d'une approche d'intervention sur de petites superficies et le piège à phéromone Multipher permettant de mesurer les variations des populations de tordeuses n'en sont que quelques-uns.

J'en profite ici pour rendre hommage au regretté Docteur Wladimir Smirnoff dont les travaux sur la mise au point d'un insecticide biologique pour lutter contre la tordeuse ont permis de franchir une étape cruciale dans la découverte de solutions plus acceptables sur le plan environnemental. Il m'avait indiqué son intérêt à participer à ce colloque avant même que le programme final soit rendu public. Malheureusement, le destin en a décidé autrement.

Encore aujourd'hui, les chercheurs du Service canadien des forêts, en partenariat avec des collègues de différentes organisations, poursuivent des travaux pour mieux connaître l'insecte et développer des technologies et des approches pour lui faire face, et ce, dans le respect des principes de l'aménagement forestier durable. Je vous invite à profiter pleinement de ce colloque pour prendre connaissance de leurs travaux et échanger avec eux.

En somme, beaucoup de chemin a été parcouru depuis le premier arrosage aérien contre la tordeuse en Gaspésie dans les années 50. Les connaissances ont beaucoup évolué et évolueront encore. Au cours des cinquante dernières années, le Service canadien des forêts a toujours jugé prioritaire de maintenir une capacité de recherche sur la tordeuse. De façon particulière, depuis la fin de la dernière épidémie, notre personnel scientifique a développé et utilisé des méthodes d'avant-garde, dont la modélisation. Des résultats impressionnants ont été obtenus, et nul doute que les gestionnaires des forêts, soit le ministère des Ressources naturelles du Québec, la SOPFIM et les entreprises forestières, seront mieux préparés pour la mise en place de stratégies de lutte lors de la prochaine épidémie.

Ce colloque, qui réunit des personnes de différentes régions du Québec, représente une excellente occasion d'en savoir plus sur la tordeuse et de vous approprier ces connaissances qui vous permettront de mieux composer avec elle. Notre sous-ministre, le Docteur Yvan Hardy, aurait grandement apprécié être parmi nous et me prie de vous transmettre ses plus cordiales salutations.

Je vous souhaite un colloque des plus fructueux et vous remercie de votre attention.

Annexe 6

Allocution de
Denis Jutras, ing.f., président

Société de protection des forêts contres les insectes et maladies

Monsieur Philippe Grenier, président de l'Association forestière de la Vallée du Saint-Maurice, Monsieur Normand Lafrenière, directeur général du Service canadien des forêts, Mesdames, Messieurs, bonjour! Permettez-moi, à mon tour, de vous souhaiter la bienvenue en Mauricie Capitale forestière canadienne en 2001. J'aimerais profiter de l'occasion pour féliciter les initiateurs de ce projet, qui ont investi beaucoup d'énergie afin que la région mauricienne puisse démontrer que la forêt, c'est notre héritage, le cœur de notre avenir. Vous avez concrétisé un grand rêve : à tous, félicitations!

Je suis heureux que le comité organisateur me donne l'opportunité de vous adresser ces quelques mots. En fait, la tordeuse des bourgeons de l'épinette fait partie de mon quotidien depuis plusieurs années. N'ayez crainte, je ne la côtoie pas tous les jours. Cependant, à titre de président de la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies, la SOPFIM, ce sujet est au cœur de mes préoccupations.

Pour plusieurs d'entre vous, la SOPFIM est un organisme de protection des forêts contre la tordeuse. La SOPFIM, c'est beaucoup plus que ça. Protéger les forêts ne signifie pas seulement épandre de l'insecticide. Au contraire, beaucoup de travail est à faire avant, pendant et après les arrosages. Il faut notamment analyser le territoire et le cartographier, déterminer les secteurs admissibles à la protection, vérifier les niveaux de populations de tordeuses, poser des diagnostics de traitement, configurer les blocs à protéger, vérifier les zones sensibles à retrancher, effectuer les suivis environnementaux, et j'en passe.

Lors de la création de la SOPFIM, il y a de cela maintenant dix ans, il y avait une volonté de mettre sur pied une structure souple et indépendante ayant pour objectif de protéger efficacement les forêts québécoises contre les insectes et les maladies. Cette organisation doit pouvoir mener à bien des programmes de protection ayant préalablement été entérinés par un conseil d'administration composé de représentants du ministère des Ressources naturelles du Québec, d'industries forestières, de représentants de la forêt privée, de la faune et du milieu en général. Ainsi, on s'assure de l'impartialité des décisions et de la transparence des opérations. Le résultat obtenu à la suite de cet exercice est la conjugaison d'une protection efficace de la forêt et du respect de l'environnement et des divers utilisateurs.

Il y a dix ans, nous en étions à la fin d'une épidémie de tordeuses qui avait détruit des millions de mètres cubes de bois. Les administrateurs avaient la certitude que cette accalmie offerte par la tordeuse était le meilleur temps pour perfectionner les stratégies d'intervention. Il leur est apparu évident que le volet lutte, dévolu à la SOPFIM, comportait une problématique beaucoup plus complexe que le simple fait d'organiser des missions d'arrosage avec des avions. Entre faire et bien faire, il y a tout un écart. Ils ne croyaient pas si bien dire...

C'est ainsi que le volet recherche est devenu un dossier très important à la SOPFIM. Non seulement est-il le gage d'une acquisition de connaissances considérable, mais il permet également un avancement plus que tangible vers une protection optimale des forêts québécoises. Pour obtenir des résultats, il faut chercher, creuser, fouiller, dénombrer, analyser, et la SOPFIM l'a fait, croyez-moi...

Depuis le passage de la dernière épidémie de tordeuses des bourgeons de l'épinette, la mosaïque forestière du Québec a changé, et notre fameuse tordeuse n'est certes pas étrangère à ce phénomène. D'une forêt résineuse, nous sommes passés à une forêt mixte dans certaines régions du Québec. Le volet protection est donc en constante évolution, et nous nous devons d'être alertes et prêts à répondre à des scénarios différents de ceux du passé.

C'est pourquoi, depuis 1995, la SOPFIM se rend dans la région de l'Outaouais, afin de réaliser un programme expérimental de protection des forêts contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE). Aux prises avec des populations de tordeuses importantes, le site expérimental de l'Outaouais offre une opportunité des plus intéressantes quant à l'acquisition de connaissances. Il permet en effet de valider des hypothèses en contexte semi-opérationnel. Cette façon de faire octroie un bénéfice indéniable à l'avancement de la recherche sur la TBE, les insecticides et la forêt québécoise.

Plusieurs volets ont composé ce programme de recherche. Notons, entre autres, l'évaluation de la concentration et du volume d'insecticide pulvérisé, le nombre d'applications requis, la bonification de la grille de prescription et la synchronisation des traitements. Ces projets ont tous été évalués en fonction de l'efficacité des traitements et des coûts inhérents à la protection. Les travaux réalisés au cours de la saison 2000 ont même porté sur la faisabilité, sur les plans

logistique et financier, de protéger des blocs de superficie restreinte. En effet, une des conséquences opérationnelles engendrées par la modification de la mosaïque forestière est le morcellement des superficies à protéger. À titre d'exemple, au cours de ce programme, une superficie totale de 974 hectares répartis en 11 blocs d'arrosage pour une moyenne de 88 hectares par bloc a été protégée. C'est très peu lorsqu'on sait qu'un bloc d'arrosage en 1980 représentait en moyenne 6 100 hectares. Comme la SOPFIM sera confrontée à cette situation de plus en plus fréquente, il était essentiel d'obtenir le maximum d'information sur cette problématique, et le secteur de l'Outaouais était le seul à nous offrir, à court terme, cette possibilité.

Cette région a aussi permis de poser les premiers jalons d'une nouvelle stratégie d'intervention, soit l'intervention hâtive contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Ce projet de recherche novateur, initié par la SOPFIM, en collaboration avec plusieurs chercheurs du Service canadien des forêts, de l'Université Laval et du ministère des Ressources naturelles du Québec, permettra de définir les paramètres encadrant l'efficacité d'une intervention réalisée tôt dans le développement d'une épidémie. Cette stratégie vise à minimiser les pertes en intervenant hâtivement, soit avant l'accumulation des dommages. Les sites pilotes seront installés en Mauricie et supporteront de nombreux dispositifs alimentant les différentes études.

Les résultats des recherches ont permis d'optimiser les stratégies d'intervention et de raffiner les outils mis à la disposition des décideurs afin que la protection accordée à la forêt soit assurée. Je ne vous dévoilerai rien aujourd'hui sur les résultats obtenus, mais je vous invite plutôt à assister aux conférences ainsi qu'aux séances d'affichage où la SOPFIM vous présentera, entre autres, les résultats de ses travaux.

Les programmes expérimentaux réalisés depuis 1995 ont nécessité l'investissement d'un peu plus de deux millions de dollars. Les retombées sont cependant très concrètes. En effet, l'objectif d'un programme expérimental prend tout son sens lors de la réalisation d'un programme de protection opérationnel. La mise en application des conclusions de recherche permet d'obtenir un niveau de protection très intéressant. À titre d'exemple, lors du programme de protection réalisé l'été dernier sur la Moyenne-Côte-Nord contre l'arpenteuse de la pruche, un autre ravageur forestier, la SOPFIM a atteint son objectif de protection sur plus de 88 % du territoire et a contribué à diminuer les populations d'arpenteuses de 96 %. Résultat, les blocs protégés l'an dernier ne nécessitent pas d'autres traitements cette année. La SOPFIM réalisera donc un deuxième programme de protection la saison prochaine sur 50 000 hectares de forêt, et ce, dans de nouveaux secteurs.

Le virage effectué vers l'utilisation unique de l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis*, variété *kurstaki*, en remplacement des insecticides chimiques, a amené la SOPFIM à se questionner sur différents paramètres reliés aux pulvérisations. En effet, le *B.t.k.*. étant un insecticide d'ingestion, l'insecte doit consommer une quantité suffisante pour qu'elle lui soit fatale. La qualité du dépôt d'insecticide est d'ailleurs un facteur lié fortement à la réussite d'un programme de protection. Ces contraintes techniques ont contribué à mettre sur pied des programmes de calibrage d'aéronef permettant notamment à la SOPFIM de déterminer une largeur d'épandage optimale.

Depuis sa création, la SOPFIM a la conviction qu'une protection efficace de la forêt passe naturellement par une protection soutenue de l'environnement. C'est pourquoi cette notion a été intégrée au cœur même de la mission de la SOPFIM qui s'est engagée à protéger les forêts dans le respect de l'environnement. Poursuivant cette vision, la SOPFIM s'est inscrite dans un processus de certification à la norme ISO 14001. Comme vous le savez tous, cette norme environnementale reconnue mondialement a pour objectif de contribuer à la protection environnementale et à la prévention de la pollution, en déterminant un cadre de gestion environnementale pour l'entreprise. Outil de support aux opérations de la Société, ISO 14001 permettra également à la SOPFIM d'être à la hauteur de son nouveau leitmotiv : la SOPFIM, au service de la forêt.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette est également au centre de mes préoccupations en tant que chef forestier au sein de Smurfit-Stone. En effet, plus que quiconque, ce si petit insecte peut considérablement modifier nos approvisionnements et nos plans d'aménagement ou de récolte, et ce, sans nous demander notre avis au préalable. Ce colloque se veut un outil pour chacun d'entre nous, afin de mieux connaître les stratégies d'intervention disponibles pour contrer les effets négatifs d'une épidémie de tordeuses. Je vous invite donc à profiter au maximum de votre présence au colloque et vous souhaite un séjour riche en découvertes et en apprentissage.

Annexe 7

Allocution de
Marc Ledoux, ing.f., sous-ministre associé aux forêts

Ministère des Ressources naturelles

Mesdames et Messieurs,

Organiser un colloque sur la TBE alors qu'on ne s'attend pas à une épidémie généralisée avant 2010 est sans aucun doute un signe tangible que les forestiers ont appris du passé. Je tiens à féliciter les organisateurs pour cette belle initiative qui, j'ose espérer, vous sera des plus profitables. À la suite de ce que j'ai entendu ce matin dans le corridor, je me dois de féliciter aussi les conférenciers pour la grande qualité de leur présentation.

Pour nous tous, c'est aussi une excellente occasion de se rappeler le chemin parcouru depuis le début des années 70, sur notre façon d'aborder la problématique engendrée par les épidémies de tordeuses, mais aussi de voir où nous nous situons et d'apprécier ce qui nous reste à faire.

Bref retour sur le passé

Il faut d'abord se rappeler qu'au début des années 70 nous avons attendu que l'épidémie soit bel et bien amorcée pour mettre en place des moyens pour en contrer les effets. La lutte directe à l'aide de pesticides a alors été retenue comme principal moyen pour minimiser les pertes. Une analyse économique réalisée par le Ministère en 1972 avait permis de justifier les dépenses engendrées par des programmes de pulvérisation. Évidemment, nous nous sommes vite aperçus, devant l'ampleur des superficies affectées, que ce seul outil ne permettrait pas de contenir les pertes à un niveau acceptable. C'est pourquoi des programmes de récupération ont été mis en œuvre vers 1975.

L'influence des préoccupations des québécois

La Loi sur la qualité de l'environnement, adoptée à la fin des années 70, a permis à des intervenants externes d'examiner les façons de faire retenues par le Ministère en matière de protection. L'utilisation massive d'insecticides chimiques a été questionnée et a soulevé beaucoup d'inquiétudes. En plus de porter sur la sécurité humaine et environnementale, les questionnements ont aussi porté sur la pertinence des interventions. Ces remises en question ont fortement influencé, par la suite, nos façons de faire.

C'est ainsi qu'un meilleur encadrement des programmes de lutte a été défini et mis en application. De plus, à partir de 1987, seul l'insecticide biologique *B.t.* a été utilisé dans les programmes de lutte contre la tordeuse. Par ailleurs, lors de la révision du régime forestier en 1987, le Ministère a démontré clairement sa volonté de mieux considérer les problématiques engendrées par les épidémies d'insectes et de maladies.

La préoccupation environnementale croissante des Québécois a, par la suite, conduit le gouvernement du Québec à adopter une stratégie de protection des forêts en 1994 dont les objectifs venaient renforcer ceux du régime forestier de 1987. Plus particulièrement, cette stratégie mise sur notre capacité à minimiser les effets causés par les insectes et maladies par des actions à caractère préventif et relègue au second plan l'usage des insecticides.

Maintenant, où en sommes-nous dans nos engagements pris depuis 1987?

En matière de prévention

Au chapitre de la prévention, la première génération de plans généraux approuvés au milieu des années 90 a permis de décrire la situation de chaque unité d'aménagement en regard de sa fragilité face à la tordeuse. Les stratégies d'aménagement préconisées n'ont pas toujours été parfaitement cohérentes avec les problématiques décrites et ont été approuvées avec ou sans modification, en faisant preuve de souplesse. Lors de la récente révision des plans généraux, nous avons pu constater une amélioration en ce qui a trait à la cohérence entre la situation décrite et les stratégies proposées. Leur traduction complète dans les planifications annuelles requerra cependant une plus grande rigueur de la part de tous. L'exercice de ce matin est de bon augure.

De plus, dans l'actuelle révision des plans généraux, un outil de plus a été mis à la disposition des aménagistes : il s'agit de SYLVA II. Celui-ci leur permet entre autres d'apprécier l'effet de la prochaine épidémie sur la possibilité forestière de leur unité d'aménagement. Les stratégies d'aménagement proposées doivent donc permettre d'atténuer les effets négatifs appréhendés à court, moyen et long terme.

Une des mesures préventives que l'on retrouve souvent dans les plans généraux des territoires sous CAAF est sans contredit l'éclaircie précommerciale, qui est utilisée pour son effet sur la possibilité forestière, de même que sur la résistance des peuplements à la TBE. Dans la

sapinière, les superficies de ce traitement sont passées de 15 000 ha avant l'adoption de la stratégie de protection en 1994 à près de 35 000 ha aujourd'hui. Il s'agit donc d'un investissement de près de 35 M$ par année, et ce, sans tenir compte de ce qui se fait en forêt privée.

En matière de lutte directe

En 1990, le Ministère a confié à la SOPFIM, le mandat de planifier et de réaliser les programmes de lutte directe requis par le ministre des Ressources naturelles.

Même si, depuis 1993, la SOPFIM n'a pas eu à réaliser de programme de lutte de grande envergure contre la tordeuse, elle n'est pas restée inactive pour autant. Elle a, entre autres, consacré beaucoup d'énergie pour améliorer les outils de lutte et elle a mis sur pied des programmes de lutte contre l'arpenteuse de la pruche dans les régions du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie et de la Côte-Nord en plus de prêter main forte à la Nouvelle-Écosse dans le cadre d'un programme de pulvérisation contre la chenille à houppe blanche. Elle possède donc un haut degré d'expertise qui nous sera fort utile.

En matière de récupératio

En matière de récupération, le contexte épidémique a fait en sorte que les programmes de récupération des secteurs affectés par la tordeuse ont cessé au début des années 90. Une enquête réalisée dans le cadre de la révision du régime forestier a cependant révélé qu'en matière de récupération la performance des plans de récupération a été de beaucoup supérieure dans le cas des peuplements affectés par la tordeuse comparativement à ceux affectés par le feu ou le chablis, et ce, pour la période 1987-1994. Selon ces données, tous les volumes à récupérer suite à l'épidémie l'auraient été au cours de cette période.

Voilà en quelques mots les principales actions réalisées en regard de la tordeuse depuis la révision du régime forestier en 1987.

Maintenant, voyons un peu quels défis nous attendent au cours des prochaines années.

Les défis à relever dans le nouveau contexte

Nous avons fait le pari qu'il était possible de maintenir les rendements forestiers et les activités socio-économiques existantes. Nous avons fait le pari que l'application de mesures préventives, l'utilisation du *B.t.* et la réalisation des plans de récupération des bois morts nous permettraient de maintenir la possibilité forestière à son niveau actuel. Nous avons fait ce pari dans un contexte où nous savions combien il était difficile de passer des intentions aux actions concrètes sur le terrain.

Notre défi est donc de nous ass r que le maximum soit fait dans chaque unité d'amén gement. Dans le cas contraire, il nous faudrait revoir à la baisse nos objectifs de rendement en bois.

De plus, il y a fort à parier que bea coup d'yeux seront tournés vers la SOPFIM d s les premières manifestations de la tordeuse. Il fa udra bien expliquer les pour et les contre des pulvé sations aux divers intervenants concernés par le milie forestier. Il ne faut pas oublier que la mise en place du régime forestier actuel a conduit à une plus grande fragmentation des massifs, ce qui présente des avanta es à certains points de vue, mais que c'est carrément désavantageux en matière de lutte directe. Il ne faut surtout pas oublier que la programmation de lutte, telle que définie lors de la dernière étude d'impact réalisée par la SOPFIM, ne permettrait d'éviter que 20 % de la perte de possibilité attribuable à la tordeuse.

Par ailleurs, les forces du marché font en sorte, d'une part, que les pratiques de production et de transformation forestières soient reconnues au plan environnemental, et, d'autre part, que les exigences sur les standards de qualité des produits eux-mêmes soient élevées. La récupération d'arbres morts est relativement facile à justifier au plan environnemental lorsque bien encadrée, mais pose des défis d'ordre technologique et surtout économique, le sapin étant entre autres davantage disséminé. Le consommateur du produit forestier est le même qui veut manger des pommes qui ne soient ni piquées ni couvertes de pesticides et peu dispendieuses. Il s'agit de tout un défi quand on considère que la majeure partie de notre production est destinée à l'exportation. Notre performance en matière de lutte et de récupération devra être excellente pour minimiser les pertes de bois.

En somme, nous devons apprendre à minimiser, sinon à composer avec les effets négatifs à court et long terme des épidémies de tordeuses. Nous devons aussi apprendre à reconnaître et à tirer profit des cas où leurs effets sont positifs, que ce soit sur le rendement et la succession des peuplements ou la croissance des survivants, particulièrement les essences compagnes. L'action combinée de la dernière épidémie et de la récolte a considérablement changé le contenu du garde-manger de la tordeuse. Les sapins sont maintenant plus jeunes, beaucoup plus disséminés et davantage en mélange avec des feuillus, même si leur importance relative en volume n'a que peu diminué.

Nous devrons donc continuer à bien documenter les interactions entre les épidémies et les interventions humaines sur le milieu forestier pour mieux en prédire le comportement et les effets. Par exemple, qu'adviendra-t-il de tous ces peuplements éclaircis lors de la prochaine épidémie; devrons-nous les protéger, et si oui, dans quels cas?

Nous avons, fort heureusement, encore du temps devant nous pour établir ensemble ce que je définirais comme le cadre de gestion de la prochaine épidémie de TBE. Ce cadre devra nous guider pour établir des stratégies d'intervention qui soient intégrées et justifiées sur le plan forestier, réalisables au plan opérationnel et acceptables aux plans économique, social et environnemental. Il devra donc s'appuyer sur la connaissance.

Ce cadre devra être souple, mis à jour régulièrement et prévoir un mécanisme pour établir des priorités en cas de besoin. Il devra être en place à temps pour la prochaine révision des plans d'aménagement, laquelle s'amorcera en 2002.

En plus, ce cadre de gestion devra comprendre une description aussi précise que possible des processus de prise de décision, de même qu'une définition claire du rôle de chaque intervenant. Enfin, ce cadre devra faire l'objet de vastes consultations et rallier le plus de monde possible.

La prévision révisée de la généralisation de la présente épidémie doit, non pas nous démobiliser, mais, bien au contraire, nous stimuler à profiter de ces quelques années de sursis pour faire en sorte que la prochaine épidémie nous affecte le moins possible.

Mesdames, Messieurs, merci de votre attention et continuez votre bon boulot.

Annexe 8

Liste des participants

LISTE DES PARTICIPANTS AU COLLOQUE TBE

Aubin, Clément	Daishowa inc. - Scierie Leduc	St-Émile
Auger, Alain	Association forestière de la Vallée du Saint-Maurice	Shawinigan
Auger, Michel	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Babin, René	Coopérative d'aménagement forestier de la Baie-des -Chaleurs	New-Richmond
Banville, Johanne	Ministère des Ressources naturelles	Shawinigan
Bauce, Éric	Université Laval	Sainte-Foy
Bélanger, Alain	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Bélanger, Léon	Kruger inc. - Scierie Parent	Trois-Rivières
Belzile, Clermont	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Bernier, Marc-André	Ministère des Ressources naturelles	Shawinigan
Bidon, Yannick	AEF Global	Sherbrooke
Boies, Bernard	Protectair Aviation	Granby
Boisvert, Mario	INRS - Institut Armand-Frappier	Laval
Boisvert, Michel	Ministère des Ressources naturelles	Trois-Rivières
Bordeleau, Clément	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Boulet, Bruno	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Bourassa, Nathalie	INRS - Institut Armand-Frappier	Laval
Breton, Pierre	Gérard Crête & Fils inc.	Proulxville
Brisebois, Marcel	Fédération des producteurs de bois du Québec	Longueuil
Brochu, Daniel	Boisaco inc.	Sacré-Coeur
Brunette, Victor	Fédération des producteurs de bois du Québec	Longueuil
Bussières, Josée	Agence régionale de mise en valeur des forêts privées mauriciennes	Shawinigan

Campbell, Élizabeth	Université du Québec à Montréal	Montréal
Carisey, Nathalie	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Chabot, Michel	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Chamberland, Daniel	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Charest, Martin	Université Laval	Sainte-Foy
Chénard, Robert	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Constancis, Geneviève	Municipalité régionale de comté de Matane	Matane
Côté, Fernand	Ministère des Ressources naturelles	Shawinigan
Côté, Lévis	Ministère des Ressources naturelles	Rimouski
Dallaire, Renée	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Delisle, Johanne	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Desbiens, Jean-François	Kruger inc. - Scierie Parent	Trois-Rivières
Deschamps, Éric	AFA Environnement inc.	Montréal
Dorais, Louis	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Douville, Michel	Abitibi-Consolidated inc.	Grand-Mère
Drolet, Pierre	Ministère des Ressources naturelles	Rimouski
Drolet, Véronique	Fédération des pourvoyeurs du Québec	Québec
Drouin, Linda	Consultante	Québec
Dugal, Jacques	Valent Biosciences Corporation inc.	Stoneham
Dupont, Alain	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Durocher, Lisette	Ministère des Ressources naturelles	Victoriaville
Duval, Pierre	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Farley, Pierre	Ministère des Ressources naturelles	Gaspé

Fortin, Michel	INRS - Institut Armand-Frappier	Laval
Frappier, Denis	Ministère des Ressources naturelles	Trois-Rivières
Gagné, Claude	Coopérative forestière Laterrière	Laterrière
Gagnon, Carl	Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent	Rimouski
Gagnon, Martin	CÉGEP St-Félicien	St-Félicien
Gagnon, Robert	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Galipeau, Éric	Société sylvicole de la Haute-Gatineau	Messines
Garant, Yves	Kruger inc. - Scierie Parent	Trois-Rivières
Garneau, Josée	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Gauthier, Johanne	Ordre des ingénieurs forestiers du Québec	Sainte-Foy
Gauvreau, Yves	Kruger inc. - Scierie Parent	Trois-Rivières
Gélinas, André	Agence des forêts privées de Québec 03	Beauport
Gosselin, Roch	Sainte-Aurélie Timberlands	Sainte-Aurélie
Gosselin, Serge	Abitibi-Consolidated inc.	Chicoutimi
Grenier, Philippe	Association forestière de la Vallée du Saint-Maurice et MCFC 2001	Shawinigan
Grondin, Pierre	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Guay, Jean-Marc	Ministère des Ressources naturelles	Shawinigan
Guertin, Claude	INRS - Institut Armand-Frappier	Laval
Jardon, Yves	Université du Québec à Montréal	Montréal
Jean, Myriam	INRS - Institut Armand-Frappier	Laval
Jutras, Denis	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	La Tuque
Khajeh-Rashidan, Kianoush	INRS - Institut Armand-Frappier	Laval
Kumbasli, Meric	Université Laval	Sainte-Foy

Laberge, Gaétan	Consultants forestiers DGR inc.	Québec
Labrecque, Benoit	Industries Norbord inc.	La Sarre
Labrecque, Lucie	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Laflamme, Normand	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Laforest, Gérard	Industries Norbord inc.	La Sarre
Lafrenière, Normand	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Lagacé, Michel	Coopérative forestière des Hautes-Laurentides	Des Ruisseaux
Lagacé, Yves	Ministère des Ressources naturelles	Chicoutimi
Lajeunesse, Jean	Ministère des Ressources naturelles	Maniwaki
Lajoie, Bruno	Ministère des Ressources naturelles	La Malbaie
Laliberté, Jacques L.	Séminaire de Québec	Québec
Lamontagne, Marc	SGF Rexfor	Québec
Lapierre, Gérald	Ministère des Ressources naturelles	Shawinigan
Larochelle, Guy	Association des industries forestières du Québec	Québec
Lebeau, Augustin	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Lebel, Jocelyn	Ministère des Ressources naturelles	St-Félicien
Ledoux, Marc	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Levesque, François	Abitibi-Consolidated inc.	St-Félicien
Levesque, Jacques A.	Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent	Rimouski
Lupien, Patrick	Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie	Shawinigan
Marcotte, Mireille	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Martineau, Edmond	Groupement forestier du Pontiac inc.	Fort-Coulonge
Masse, Denis	Groupement forestier de Québec-Montmorency inc.	Château-Richer

Ménard, Benoit	CERFO	Sainte-Foy
Méthot, Luc	Unité de transfert technologique de la Gaspésie et des ÎDM	Gaspé
Michaud, Marc	Ministère des Ressources naturelles	Hull
Minville, Aimé	Abitibi-Consolidated inc.	St-Félicien
Miron, Sylvain	Université Laval	Sainte-Foy
Montpetit, Luc	Abitibi-Consolidated inc.	Grand-Mère
Moranville, Denise	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Morin, Pierre	Ministère des Ressources naturelles	Les Escoumins
Nadeau, Jean-Claude	Fédération des producteurs de bois du Québec	Longueuil
Nazair, Jean	Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent	Rimouski
Ouellet, Denis	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Ouellet, Denis	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Pagé, Simon	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Parenteau, Jean	AEF Global	Sherbrooke
Pichette, Réjean	Ministère des Ressources naturelles	Shawinigan
Pinard, Jacques	Ministère des Ressources naturelles	Trois-Rivières
Pinard, Serge	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Plourde, Ariane	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Pronovost, Éric	Ministère des Ressources naturelles	Trois-Rivières
Prud'Homme, Jacques	Épandair	Repentigny
Régnière, Jacques	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Rodrigue, Patrick	Les éditions forestières	Québec
Rodrigue, Simon	Syndicat des producteurs de bois de la Beauce	Ville de Saint-Georges

Rousseau, Denis	Abitibi-Consolidated inc.	Chicoutimi
Rousseau, Ghislain	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Roy, Mike	La Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent	Rimouski
Saucier, Jean-Pierre	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Simard, Julie	Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Sainte-Foy
Therrien, Pierre	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Touchette, Roger	Ministère des Ressources naturelles	Berthier
Tremblay, Jacques	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Tremblay, Stéphane	Ministère des Ressources naturelles	Québec
Trudel, Gilles A.	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies	Québec
Van Dijk, Albert	Parc national de la Mauricie	Shawinigan
Villeneuve, Denis	Abitibi-Consolidated inc.	Chicoutimi
Villeneuve, Denis	Syndicat des producteurs de bois de la région de Québec	Québec
Villeneuve, Michel	Ministère des Ressources naturelles	Baie-Comeau

Annexe 9

Membres du comité organisateur du colloque

MEMBRES DU COMITÉ ORGANISATEUR DU COLLOQUE

Service canadien des forêts Centre de foresterie des Laurentides	Ministère des Ressources naturelles	Société de protection des forêts contres les insectes et maladies
Clermont Belzile	Michel Boisvert	Nathalie Carisey
Denis Ouellet	Michel Chabot	Alain Dupont
Julie Simard	Serge Pinard	Josée Garneau